ISSN 0376-477X

中華農業研究

第四十九卷　　第 四 期

目　　次

白米胺基酸含量品種間之差異及其與食味間之關係
..................................吳永培　許愛娜　謝兆樞　黃懿秦… 1
DSSAT模式在預測水稻產量及氣候變遷衝擊評估之適用性探討
..................................姚銘輝　盧虎生　朱　鈞　蔡金川…16
湖北貝母組織培養之研究－I.不同來源培植體誘導鱗片及胚狀化癒合組織之形成
..................................蕭翌柱　戴宗德　陳忠川　蔡新聲…29
湖北貝母組織培養之研究－III.培養基組成分及光照處理對誘導小鱗莖發根之影響
..................................陳威臣　戴宗德　陳忠川　蔡新聲…39
油桃早期胚培養之研究..................................溫英杰　吳雅婷…48
不同有機添加物對杏鮑菇瓶栽自動化生產影響之研究
....彭金騰　李建民　蔡英芳…56
囊叢枝內生菌根菌在臺灣代表性土壤中之分布
....林素禎　洪崑煌　吳繼光…65
台灣主要柑橘有機施肥之效益評估......................潘德芳　葉節耀…81
達馬松對家蠅乙醯膽鹼酯 酶抑制特質之研究（英文）
..................................鄭　允　高靜華　黃毓斌　曾佳琳…89

中華民國八十九年十二月

行政院農業委員會農業試驗所出版

中華民國　臺灣省　臺中縣　霧峰鄉

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(4): 1～15 (2000)

白米胺基酸含量品種間之差異及其與食味間之關係[1]

吳永培[2]、許愛娜[3]、謝兆樞[4]、黃懿秦[4]

摘要：本研究以54個水稻品種爲材料，探討米粒胺基酸含量於品種間之差異及其與食味官能品評特性之關係，其中秈與稉稻間胺基酸之比較除半胱胺酸(half cysteine)含量秈稻顯著高於稉稻，而絲胺酸(serine)含量以稉稻顯著高於秈稻外，其餘胺基酸含量在兩型稻間則差異不顯著，顯示兩型稻胺基酸含量及組成十分接近。比較五種不同來源水稻類型(日本稻、台灣稉稻、IRRI稻、台灣秈稻及美國稻)胺基酸含量之差異，結果發現除色胺酸、甲硫胺酸、半胱胺酸、絲胺酸等在五種不同來源稻品種類型間有差異外，其餘胺基酸均差異不顯著。不同分類特性之胺基酸在五種不同水稻類型間除了含硫胺基酸有差異外，其餘不同之胺基酸類型在五種不同水稻類型間亦無差異。在54個品種分析中，食味總評與離氨酸(lysine)、色氨酸(tryptophan)、異亮氨酸(isoleucine)、半胱氨酸、酪氨酸(tyrosine)、脯氨酸(proline)、纈氨酸(valine)及丙氨酸(alanine)等8種胺基酸有負相關關係，而含硫胺基酸之含量與食味總評間亦呈負相關；在24個秈稻品種分析中，食味總評與離氨酸、色氨酸、異亮氨酸、脯氨酸、甘氨酸(glycine)及纈氨酸等6種胺基酸呈負相關；在30個稉稻品種分析中，食味總評與異亮氨酸、苯丙氨酸(phenylalanine)、酪氨酸、穀氨酸(glutamic acid)、纈氨酸及精氨酸(arginine)等6種胺基酸亦呈負相關，而與必需胺基酸、酸性、鹼性及極性胺基酸、含硫胺基酸、脂肪族胺基酸、芳香族胺基酸等含量均呈負相關。利用18種胺基酸含量對食味總評進行逐步迴歸分析，結果在54個品種、秈稻及稉稻中，建立之最佳迴歸模式對食味變異解釋率分別爲82.6％、94.2％及29.1％。而在利用主成份逐步迴歸分析法建立者最佳迴歸模式對食味變異解釋分別爲84.1％、99.1％及43.7％。顯示稻米胺基酸含量、類型與食味間關係十分密切，且關係會因秈、稉稻不同而異，而胺基酸含量變化應可做食味變異掌握之指標。

關鍵詞：胺基酸、食味、水稻品種。

前　　言

隨著國人生活水準之提升，良食味米飯之要求日益殷切，因此提高國產稻米食味之表現便成爲近年來育種與米質研究之重要課題，國內自民國70年起開始著手研究適合國內產銷、品質分級、白米外觀、烹調及食用品質等課題，以作爲國產稻米在米質食味分級上之依據，唯研究上多偏重於白米理化

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2040號。

2.本所嘉義分所農藝系助理。台灣省　嘉義市。

3.行政院農業委員會台中區農業改良場副研究員。台灣省　彰化縣　大村鄉。

4.國立台灣大學農藝系教授。台北市。

特性與人爲試食評分之了解[4]，因此對於品質特性間之關連性及其與食味間之關係等研究少有著墨。而稻米品質若根據農民、加工業者、碾米商、零售業者、營養學家及消費者等不同對象對稻米品質之需求，其品質特性內容和分類上一般可區分爲市場品質及烹調與食用品質二大項，其中市場品質包括(1)碾米品質(milling quality)，(2)米粒外觀品質，如白堊質(chalkiness)、透明度(translucency)及碾白度(whiteness)等，(3)碾白程度(degree of milling)，(4)米粒大小及粒形(grain size and shape)；至於烹調及食用品質一般包含烹調品質(cooking quality)、食用品質(eating quality)、米粒理化特性等之間接測定(indirected determination of quality)品質、營養品質(nutrition quality)、貯藏或古米化(aging)等五項[20]，所以品質特性之內容及範圍甚爲廣泛。

影響食味良劣之因子相當多，諸如米粒品質成份含量、米飯物理特性、炊飯特性及營養價值等均對米質良劣有影響[9, 10, 11, 13, 16, 23, 25]，其中以直鏈性澱粉及蛋白質含量對白米之炊飯品質，即對食用品質之影響最大[13]。唯稻米品質良劣之影響因子很多，而直鏈澱粉含量相近之品種，其烹調與食味上常有相當大之差異，顯示僅以直鏈澱粉一項作爲米質劃分之依據，似有不足。尤其是國內栽培稻多屬低直鏈澱粉含量之品種，其直鏈澱粉含量差異不大，但在食味上卻有很大之不同[11, 13]，顯示仍有其它因子參與食味之控制。

至於水稻米飯食味良劣之表現，一般係透過食味官能品評進行之，其爲米飯外觀(appearance)、色澤(color)、香味(aroma)、口味(flavor)、溫度及質地(texture)等因子綜合影響之結果，於入口前影響品評員最大的影響因子爲外觀及色澤，而入口後則會對香氣、溫度及口味等加以感覺，在經咀嚼後方感覺米飯的硬性(hardness)及黏性(cohesion)，最後再綜合整體的評價估量食味表現的良劣[18]，此即所謂食味官能品評。由於此種品評方式是透過人吃出來的結果，品評員的喜好對品評結果之客觀性和穩定性影響甚大，因此若能針對影響食味之理化特性因子進行掌握或研發相關儀器進行測定，如此便可對米飯食味良劣進行較客觀及穩定之掌握，對於水稻育種時之食味選拔或米質檢定時食味良劣之評定均有相當大的助益。近年來許多學者乃致力於稻米理化特性與食味間關係之探討[1, 2, 3, 8, 13, 28, 33]。並嘗試利用儀器分析法替代食味官能品評法，唯目前並無任何一項儀器可以完成取代人類器官以評估食味之變化。因此利用米理化特性掌握食味良劣的研究仍待深入探討，如此方可以米理化特性建立之模式評估食味良劣之變化。

食味除與直鏈澱粉含量有關外，與粗蛋白質及貯藏性蛋白質組成亦有關係存在[5, 9]。一般粗蛋白質含量與食味是呈負相關關係[9, 16, 23]。國外研究報告指出較高粗蛋白質含量之米粒煮熟後，質地會較硬且較泛黃、不透明[27, 37]，且澱粉顆粒之吸水及膨脹亦因蛋白質含量增加而受到干擾，進而延長米飯烹煮的時間，導致食味值下降[38]。Matsue *et al.*[24]研究更指出食味較佳之越光品種，其蛋白質含量、醇溶性蛋白質(prolamin)及鹼溶性蛋白質(glutelin)低於食味中等者，顯示蛋白質含量及組成與食味間有密切之關係，亦爲米質良劣之重要影響因子之一。吳等[5]更指出國內秈稻米粒水溶性蛋白質(albumin)與食味呈正相關，稉稻中則以醇溶性蛋白質與食味呈負相關，其秈、稉稻中影響食味之貯藏性蛋白質種類並不相同。另有學者利用米理化特性進行食味模式等建立工作，日本學者[15]曾利用黏度特性(viscosity)、蛋白質、碘液呈色度(iodine staining)來建立稉稻的食味模式，然模式對食味變異解釋率(R^2=0.701)並不高。而國內學者[10, 11]利用黏度特性建立之食味模式已可解釋食味變異達84～91％，顯示以品質特性來掌握食味變化應是一可行之途徑。

植物蛋白質主要係由胺基酸以胜肽鏈鍵結而成，而常見之胺基酸有20種左右。基本上可根據其側鏈之化學組成、結構、電離情況、人體營養需求等分成若干類群，其中根據側鏈化學組成可分爲脂肪族、芳香族、含羥基、含硫、含氮基、酸性(或中性)及鹼性胺基酸等七類；而依結構特性可分爲極性和非極性兩類；依側鏈之電離情況可分爲酸性、中性、鹼性等三類；根據人體營養需求則分成必需與非必需胺基酸[14, 34]。

由於蛋白質是米粒中第二大成分，主要由四種貯藏性蛋白質組成，即水溶性蛋白質(albumin)、鹽溶性蛋白質(globulin)、醇溶性蛋白質(prolamin)及鹼溶性蛋白質(glutelin)等[20, 27]，水稻四種貯藏性蛋白質之胺基酸組成會因種類不同而不同，Padhye and Salunkhe [29]指出四種貯藏性蛋白質中，各種貯藏性蛋白質所含之胺基酸種類及組成特性有差異存在，尤其是營養品質價值上醇溶性蛋白質含有必需性胺基酸少，人體內的消化率較差，鹼溶性蛋白質則由於含有較多量之必需胺基酸且人體內之消化率較佳[17, 22, 30]；故營養價值上以鹼溶性蛋白質較高[38]。至於檢視國內外文獻[12, 13, 21]水稻胺基酸之含量不僅品種間有差異，秈、稉稻間亦有不同[12]，且隨穀粒成熟其胺基酸含量會發生改變[21, 36]。而穀粒之不同部位、施肥及栽培環境之溫度亦影響胺基酸含量[21, 31, 36]。

至於各種胺基酸組成除與貯藏性蛋白質種類有關外，其含量變化與食味間亦應有某種程度之關係存在，國外研究指出穀胺酸(glutamic acid)和天門冬氨酸(aspartic acid)對食味有正面之促進效果[26]，然Chikubu *et al.*[16]之研究結果卻爲相關係數不顯著，唯目前研究報告不多。因此無法提供充分證據釐清胺基酸與食味間之關係，基此，乃利用國內育種者常用之親本爲材料，進行胺基酸含量與食味間關係之探討，期能透過胺基酸含量之變化對食味變異有所掌握，而由於傳統上國人將水稻區分成秈與稉稻兩種，故亦將所用水稻品種以目視之方式，依植株形態及穀粒粒型粗分成秈及稉稻兩類型，以探討兩類型稻其胺基酸含量與食味間之關係是否不同。此外，水稻育種過程中常會使用國外引進的品種作爲育種材料，爲了解不同引進品種在胺基酸含量上的差異，吾人亦根據水稻品種之來源，將材料區分爲日本稻(Japaness rice)、台灣稉稻(Taiwan *japonica* rice)、台灣秈稻(Taiwan *indica* rice)、美國稻(America rice)及IRRI稻(東南亞稻，IRRI rice)等五種類型，期藉由不同類型稻品種胺基酸表現之比較，了解各類型水稻間之異同，以提供未來水稻育種、品質及栽培上之參考。

材料與方法

本試驗共使用54個水稻品種爲材料，品種名稱、代號與類型詳如表1所示。其中30個爲稉稻品種，24個爲秈稻品種。各品種之種植、栽培、管理、收穫、胺基酸含量分析之樣品調製詳如前報所述[5]，而食味官能品評分析方法係依據許與宋[9]之方法煮飯，試食時分別就外觀(appearance)、香味(aroma)、口味(flavor)、黏性(cohesion)、硬性(hardness)與總評(overall sensory evaluation)等六項與對照品種比較，對照品種爲台中區農業改良場生產之台稉9號。胺基酸含量分析方法係採用酸分解法，即秤取約10～11 mg之白米粉末，先用300ul 6N HCl溶液加入分解管中分解90分鐘(封管)。開管後，以1N NaOH溶液於抽眞空下乾燥。乾燥物再以Beckman之緩衝液500ul溶解，並以0.45 um濾膜過濾之。樣品液稀釋11倍後，取50 ul打入Beckman 6300 amino acid autoalyzer 分析。共計調查18種胺基酸之含量，即分析離胺酸(LYS)、組胺酸(HIS)、色胺酸(TRP)、蘇胺酸(THR)、異白胺酸(ILE)、白胺酸(LEU)、苯丙胺酸(PHE)、甲硫胺酸(MET)、半胱胺酸(CYS)、酪胺酸(TYR)、天門冬胺酸(ASP)、穀胺酸(GLU)、絲胺酸(SER)、脯胺酸(PRO)、甘胺酸 (GLY)、纈胺酸(VAL)、丙胺酸(ALA)、精胺酸(ARG)等18種，各胺基酸定量後以mg/g白米(14％的水分含量爲基礎)表示之。分析所得之胺基酸含量再根據側鏈化學組成區分爲脂肪族、芳香族、含羥基、含硫、含氮基、酸性(或中性)及鹼性胺基酸等七類；另依結構特性則區分爲極性和非極性兩類；依側鏈之電離情況區分爲酸性、中性、鹼性等三類；根據人體營養需求則分成必需與非必需胺基酸(表2)[14, 34]。

至於統計方析法係採用非成對t測驗來比較秈、稉稻平均值間之差異。至於日本稻、台灣稉稻、台灣秈稻、美國稻及IRRI稻五類型之胺基酸含量比較，則是先進行變方分析(analysis of variance)，倘變方分析中處理效應之差異性達顯著水準，再進行各類型稻胺基酸含量之最小顯著差異值法(least significant difference, LSD)比較。再者，另依54個品種、秈稻、稉稻分別進行胺基酸、不同胺基酸類型與食味官能品評特性間之簡單相關分析；並利用胺基酸含量對食味總評值進行逐步迴歸分析

表1. 材料名稱表

Table 1. Type, group and variety names of rice used in this experiment

Entry No.	Type	Group[z]	Variety name	Entry No.	Type	Group[z]	Variety name
1	*Japonica*	A	Koshi\ari	28	*Japonica*	B	Taichung 189
2	*Japonica*	A	Akitakomachi	29	*Japonica*	B	Taichung 178
3	*Japonica*	A	Nipponbare	30	*Japonica*	B	Kaohsiung 139
4	*Japonica*	A	Kinuhikari	31	*Indica*	C	IR8
5	*Japonica*	A	Hokuriku 100	32	*Indica*	C	IR26
6	*Japonica*	B	Taikeng 1	33	*Indica*	C	IR36
7	*Japonica*	B	Taikeng 2	34	*Indica*	C	IR50
8	*Japonica*	B	Taikeng 3	35	*Indica*	C	IR64
9	*Japonica*	B	Taikeng 4	36	*Indica*	C	IR72
10	*Japonica*	B	Taikeng 5	37	*Indica*	B	IR3941-25-1
11	*Japonica*	B	Taikeng 6	38	*Indica*	C	POKHARELI
12	*Japonica*	B	Taikeng 7	39	*Indica*	D	Taichung native 1
13	*Japonica*	B	Taikeng 8	40	*Indica*	D	TaichungSen 10
14	*Japonica*	B	Taikeng 9	41	*Indica*	D	ChianungSen 6
15	*Japonica*	B	Taikeng 10	42	*Indica*	D	ChianungSen 8
16	*Japonica*	B	Taikeng 11	43	*Indica*	D	ChianungSen 11
17	*Japonica*	B	Taikeng 13	44	*Indica*	D	TainungSen 12
18	*Japonica*	B	Taikeng 14	45	*Indica*	D	TainungSen 14
19	*Japonica*	B	Taikeng 15	46	*Indica*	D	TainungSen 18
20	*Japonica*	B	Taikeng 16	47	*Indica*	D	TainungSen 19
21	*Japonica*	B	Tainung67	48	*Indica*	D	TainungSen 20
22	*Japonica*	B	Tainung 68	49	*Indica*	D	TaichungSen 17
23	*Japonica*	B	Tainung 69	50	*Indica*	E	DELLA
24	*Japonica*	B	Tainung 70	51	*Indica*	E	LEMONT
25	*Japonica*	B	Chianung 242	52	*Indica*	E	L202
26	*Japonica*	B	Hsinchu 56	53	*Indica*	E	CALROSE 76
27	*Japonica*	B	Taipei 309	54	*Indica*	E	NATO

[z] A: Japanese rice; B: Taiwan *japonica* rice; C: IRRI rice; D: Taiwan *indica* rice; E: America rice.

表2. 胺基酸的名稱、代號及分類情形

Table 2. The names, symbols and types of amino acids

名稱	英文名稱	縮寫符號	分類特點
離胺酸	Lysine	LYS	必需，鹼性，極性
組胺酸	Histidine	HIS	必需，弱鹼性，極性
色胺酸	Trptophan	TRP	必需，中性，非極性，芳香族
蘇胺酸	Threonine	THR	必需，中性，極性，羥基胺基酸
異白胺酸	Isoleucine	ILE	必需，中性，非極性，脂肪族
白胺酸	Leucine	LEU	必需，中性，非極性，脂肪族
苯丙胺酸	Phenylalanine	PHE	必需，中性，非極性，芳香族
甲硫胺酸	Methionine	MET	必需，中性，非極性，含硫胺基酸
半胱胺酸	Cysteine	CYS	非必需，極性，含硫胺基酸
酪胺酸	Tyrosine	TYR	非必需，極性，芳香族
天門冬胺酸	Aspartic acid	ASP	非必需，酸性，極性
穀胺酸	Glutamic acid	GLU	非必需，酸性，極性
天門冬醯胺	Asparagine	ASN	非必需，中性、極性
絲胺酸	Serine	SER	非必需，中性，極性，羥基胺基酸
穀胺醯胺	Glutamine	GLN	非必需，中性，極性
脯胺酸	Proline	PRO	非必需，中性，非極性，含氮基胺基酸
甘胺酸	Glycine	GLY	非必需，中性，非極性，脂肪族
纈胺酸	Valine	VAL	非必需，中性，非極性，脂肪族
丙胺酸	Alanine	ALA	非必需，中性、非極性、脂肪族
精胺酸	Arginine	ARG	非必需(嬰兒期爲必需)、鹼性、極性

(stepwise regression analysis)，藉以了解以18種胺基酸含量建立食味模式之可行性。而為避免因胺基酸間高度相關性干擾食味模式推定食味變化之能力，先以主成份分析法將18種胺基酸將其轉化成互相獨立之主成份後，再以各主成份對食味總評值進行主成份迴歸分析(principal component regression analysis)，進而建立食味模式，即依Johnson and Wichern[19]所述之原理及程序進行逐步迴歸分析及主成份迴歸分析。所有分析均以SAS統計套裝軟體進行[32]。

結果與討論

一、胺基酸品種類群間之差異

秈與稉稻胺基酸平均值之比較結果如表3所示，其中稉稻之CYS平均含量0.36mg，顯著低於秈稻之平均含量0.64 mg；SER之情形則相反，稉稻平均含量為1.95 mg，顯著高於秈稻的1.71 mg；至於其餘之胺基酸含量在秈與稉稻間差異則不顯著，顯示兩型稻之胺基酸含量及組成十分接近，其中CYS秈稻高於稉稻的結果與謝等[13]之研究結果相同。另由標準偏差來看，秈稻除CYS、SER、PRO三種胺基酸之標準偏差略小於稉稻外，其餘胺基酸之標準偏差均大於稉稻，顯示秈稻品種在胺基酸之變異較稉稻品種大。由於有變異才能進行改良及利用，因此在以胺基酸含量選拔良質米，或提高米營養品質之改良等試驗時，應可利用秈稻胺基酸變異較大之特性，尋找出合適之材料供品質改良利用。至於不同分類特性之胺基酸含量在秈及稉稻間除含硫的胺基酸秈稻顯著高於稉稻外，其餘不同分類特性之胺基酸含量兩型稻並無明顯差異存在(表4)，顯示兩型稻胺基酸組成特性上十分相似。

表3. 秈、稉稻米18種胺基酸之比較

Table 3. Comparsions of 18 amino acids of milled rice between *indica* and *japonica* rice varieties

Amino acid [z]	*Japonica* rice [y] (mg/g)	*Indica* rice [y] (mg/g)	Value of t test
LYS	2.17 ± 0.17	2.28 ± 0.31	-1.68
HIS	1.49 ± 0.13	1.45 ± 0.20	0.92
TRP	0.17 ± 0.06	0.19 ± 0.07	-1.46
THR	1.64 ± 0.17	1.59 ± 0.22	0.88
ILE	2.51 ± 0.30	2.56 ± 0.37	-0.50
LEU	4.77 ± 0.44	4.73 ± 0.70	0.26
PHE	3.63 ± 0.34	3.59 ± 0.53	0.35
MET	1.31 ± 0.15	1.27 ± 0.24	0.74
CYS	0.36 ± 0.14	0.64 ± 0.12	-7.70**
TYR	1.53 ± 0.15	1.57 ± 0.25	-0.69
ASP	5.31 ± 0.49	5.22 ± 0.76	0.51
GLU	10.92 ± 1.00	10.8 ± 1.68	0.33
SER	1.95 ± 0.28	1.71 ± 0.26	3.29**
PRO	2.58 ± 0.23	2.66 ± 0.41	-1.00
GLY	2.38 ± 0.20	2.38 ± 0.30	-0.07
VAL	3.56 ± 0.33	3.69 ± 0.57	-1.05
ALA	2.97 ± 0.25	3.04 ± 0.39	-0.88
ARG	5.36 ± 0.92	5.14 ± 1.25	0.73

** Significant at 1% level of probability.

[z] The three letter abbreviations of amino acids.

[y] The vaules that in the columns were the means and standard deviation, respectively.

表4. 白米不同分類型之胺基酸含量於秈、稉稻間差異之比較

Table 4. Comparsions of different types of 18 amino acids of milled rice between *indica* and *japonica* rice varieties

Type of amino acid	*Japonica* rice [y] (mg/g)	*Indica* rice [y] (mg/g)	Value of t test
Essential	26.59 ± 2.46	26.48 ± 4.10	0.13
Non-essential	29.43 ± 2.59	29.54 ± 4.21	-0.12
Sulfur-containing side chain	1.66 ± 0.19	1.90 ± 0.30	-3.58**
Aromatic-containing side chain	5.32 ± 0.48	5.34 ± 0.78	-0.11
Aliphatic-containing side chain	16.19 ± 1.45	16.40 ± 2.32	-0.42
Neutral	27.45 ± 2.54	27.41 ± 3.85	0.05
Acidic	16.23 ± 1.45	16.03 ± 2.41	0.39
Basic	9.01 ± 1.09	8.86 ± 1.68	0.38
Polar	30.72 ± 2.78	30.39 ± 4.69	0.32
No-polar	23.86 ± 2.14	24.11 ± 3.42	-0.32

** Significant at 1% level of probability.

[y] The vaules that in the columns were means and standard deviation, respectively.

比較五種不同來源之水稻類型胺基酸含量差異，結果如表5所示。由結果可知各類型稻除TRP、MET、CYS、SER有差異外，其餘胺基酸含量均差異不顯著，其中TRP以美國稻最高，而台灣稉稻、台灣秈稻、日本稻與IRRI稻間差異不顯著；MET則以美國稻最低，而台灣稉稻、台灣秈稻、日本稻與IRRI稻間亦差異不顯著；CYS亦以美國稻最高，但IRRI稻、台灣秈稻則與美國稻無明顯差異，日本稻則最低，然日本稻與台灣稉稻間無明顯差異，至於SER則以日本稻最高，但與台灣稉稻間無差異，而台灣秈稻含量最低，唯IRRI稻及美國稻間則差異不顯著，然台灣秈及稉稻間則有顯著不同。上述結果顯示僅4種胺基酸含量會因引進稻種源來源地不同，其含量有所不同，而大部分之胺基

表5. 不同類型的稻品種白米18種胺基酸之多重比較

Table 5. Multiple comparisons for 18 amino acids of milled rice among different types of rice varieties

Amino acid[z]	Japanese rice[y] (mg/g)	Taiwan *Japonica* ric[y] (mg/g)	IRRI rice[y] (mg/g)	Taiwan *indica* rice[y] (mg/g)	America rice[y] (mg/g)
LYS	2.29	2.14	2.42	2.22	2.18
HIS	1.56	1.47	1.54	1.38	1.44
TRP	0.19b	0.16b	0.16b	0.18b	0.26a
THR	1.75	1.62	1.71	1.53	1.56
ILE	2.59	2.50	2.76	2.46	2.46
LEU	4.99	4.72	5.11	4.50	4.62
PHE	3.75	3.60	3.87	3.44	3.47
MET	1.39a	1.29a	1.38a	1.28a	1.05b
CYS	0.26b	0.38b	0.63a	0.61a	0.69a
TYR	1.54	1.53	1.64	1.50	1.61
ASP	5.51	5.27	5.67	4.97	5.06
GLU	11.13	10.88	11.70	10.22	10.64
SER	2.12a	1.92ab	1.80bc	1.60c	1.81bc
PRO	2.69	2.55	2.90	2.56	2.50
GLY	2.48	2.35	2.53	2.28	2.36
VAL	3.70	3.53	3.98	3.55	3.54
ALA	3.08	2.94	3.27	2.93	2.91
ARG	5.58	5.31	5.33	5.06	5.01
TOTAL	58.1	55.61	59.98	53.76	54.67

[z] the three letter abbreviations of amino acids.

[y] Means with the different letter of a row are significantly different at 5% level by LSD test.

酸含量無此現象，尤其是必需胺基酸中最重要之LYS含量，似顯示國外引進之種源在多種胺基酸含量上與國人育成者相近。唯TRP亦是人體所需之重要胺基酸，應可考慮利用美國稻之遺傳背景來提升國內水稻品種之營養價值。

此外，比較不同分類特性之胺基酸在不同水稻類型間之差異，結果發現除了含硫胺基酸有差異外，其餘胺基酸含量在五個不同水稻類型間均無差異，含硫胺基酸含量以IRRI稻最高，而日本稻最低，而IRRI稻與台灣秈稻間差異並不顯著，而日本稻與美國稻、台灣粳稻間亦差異不顯著(表6)，可見不同分類特性之胺基酸含量較不會隨引進稻種源來源地不同而有差異。唯本試驗使用之水稻品種除台灣水稻品種數目較多外，其餘類型之水稻品種數目並不多，似乎不足以代表各類型稻之眞正特性，如此進行變方分析及多重比較時，由於各類型材料樣品數不同會影響統計分析結果，使得結論上或有偏頗。然站在以國內常用育種品種基因庫爲範圍之角度來看，國外引進品種使用率相對較國內育成品種低，因此試驗選用較多之國內水稻品種，其結果可對國內常用水稻品種品質特性上之變異情形提供較眞實訊息，即可表現國內常用水稻品種其遺傳基因庫之變異訊息，使得結論範圍可提供國內米胺基酸研究時之參考應用。

表6. 白米不同分類型之胺基酸含量於不同類型稻品種間差異之比較

Table 6. Multiple comparisons for different types of 18 amino acids of milled rice among different types of rice varieties

Type of amino acid	Japanese rice[y] (mg/g)	Taiwan *Japonica* ric[y] (mg/g)	IRRI rice[y] (mg/g)	Taiwan *indica* rice[y] (mg/g)	America rice[y] (mg/g)
Essential	27.79	26.35	28.25	25.60	25.59
Non-essential	28.80	27.82	30.14	26.69	27.57
Sulfur-containing side chain	1.65b	1.66b	2.01a	1.89ab	1.74b
Aromatic-containing side chain	5.48	5.29	5.66	5.12	5.33
Aliphatic-containing side chain	16.84	16.05	17.65	15.73	15.90
Neutral	28.73	27.20	29.46	26.31	26.55
Acid	16.64	16.15	17.38	15.20	15.69
Basic	9.43	8.92	9.29	8.67	8.63
Polar	32.43	31.72	30.52	29.09	29.99
No-polar	24.87	23.66	25.96	23.19	23.17

[y] Means with the different letter of a row are significantly different at 5% level by LSD test.

二、胺基酸與食味官能品評特性間之關係

利用18種胺基酸含量與6個食味官能品評特性進行相關分析，結果如表7所示，其中外觀(appearance)與LYS、TRP、ILE、CYS、TYR、PRO、VAL、及ALA等8種胺基酸間之相關係數均呈負相關；香味(aroma)除與TRP、CYS、SER間之相關係數不顯著外，與其餘胺基酸之相關係數均呈顯著之負相關關係；口味(flavor)與SER呈正相關，但與LYS、TRP、CYS、TYR、PRO、VAL及ALA間呈負相關；黏性(cohesion)與LYS、TRP、ILE、CYS、TYR、PRO、VAL及ALA等8種胺基酸間均呈負相關；而硬性(hardness)除了與TRP、THR、CYS、SER、ARG等5種胺基酸間之相關係數不顯著外，與其餘胺基酸間均呈正相關；至於食味總評(overall sensory evaluation)則與LYS、TRP、ILE、CYS、TYR、PRO、VAL及ALA等8種胺基酸有負相關關係，其餘胺基酸與食味總評間之相關係數均不顯著。

上述分析顯示胺基酸含量與食味官能品評特性間之關係十分密切，其中對人體營養較爲重要之必需胺基酸，如LYS、TRP、ILE與食味總評間均呈顯著之負相關，顯示較好吃之稻米，其營養品質有較差之趨勢，唯此係就簡單相關分析結果所得之結論，由於品質特性間常有高度相關或交感作用存在，因此在其它米理化特性存在下，必需胺基酸與食味間之負相關關係是否改變則仍需進一步確認；

表7. 54個稻品種白米18種胺基酸與食味品評值間之相關係數

Table 7. Correlation coefficients of 18 amino acids of milled rice with eating quality of cooked rice in 54 rice varieties

Amino acid[z] \ Eating quality	Appearance	Aroma	Flavor	Cohesion	Hardness	Overall sensory evaluation
LYS	-0.44**	-0.42**	-0.46**	-0.50**	0.39**	-0.48**
HIS	-0.07	-0.31*	-0.07	-0.12	0.30*	-0.09
TRP	-0.29*	0.25	-0.30*	-0.36**	0.07	-0.32*
THR	-0.07	-0.32*	-0.05	-0.10	0.25	-0.07
ILE	-0.30*	-0.39**	-0.17	-0.33**	0.39**	-0.31*
LEU	-0.16	-0.34**	-0.16	-0.20	0.34**	-0.18
PHE	-0.15	-0.35**	-0.14	-0.18	0.34**	-0.17
MET	-0.06	-0.32*	-0.06	-0.11	0.41**	-0.09
CYS	-0.64**	-0.14	-0.66**	-0.64**	0.26	-0.66**
TYR	-0.29*	-0.27*	-0.28*	-0.36*	0.38**	-0.32*
ASP	-0.13	-0.35**	-0.12	-0.17	0.33**	-0.15
GLU	-0.14	-0.34**	-0.13	-0.18	0.32*	-0.16
SER	0.25	-0.13	0.27*	0.22	0.05	0.26
PRO	-0.34**	-0.34**	-0.32*	-0.35**	0.39**	-0.34**
GLY	-0.21	-0.36**	-0.21	-0.26	0.34**	-0.24
VAL	-0.33**	-0.38**	-0.35**	-0.39**	0.38**	-0.37**
ALA	-0.30*	-0.38**	-0.30*	-0.34**	0.39**	-0.33*
ARG	-0.07	-0.28*	-0.10	-0.12	0.14	-0.10
Total protein	-0.22	-0.36**	-0.21	-0.26	0.35**	-0.24

*, ** Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

[z] The three letter abbreviations of amino acids.

再者，54個品種(秈、稉稻合併)及秈稻18種胺基酸總量(約等蛋白質含量)與食味總評間之簡單相關係數並不顯著，此與以往認爲粗蛋白質含量與食味呈負相關的認知[1, 13]有所不同，究其原因可能是本次試驗僅利用18個胺基酸含量之總和代表總蛋白質含量，其含量實際上應與粗蛋白質含量有所差異，故乃造成分析結果與粗蛋白質含量與食味呈負相關的結論有所不同。唯由稉稻18種胺基酸總和與食味間之相關係數呈負相關關係(表9)來看，54個品種的分析結果可能是受到秈、稉稻的影響，以致相互抵消了可能存在的關係。再者，本次分析結果僅8種胺基酸與食味總評間有顯著相關(表7)，仍有部分胺基酸含量與食味表現相關係數不顯著，顯示不同胺基酸含量與食味總評間之關係有所不同，且與食味有相關之胺基酸多呈負面方向之影響。

24個秈稻各胺基酸與食味官能品評間之相關分析結果如表8所示，由表中可知外觀與LYS、TRP、ILE、PRO均呈負相關；而香味除與TRP、CYS、TYR、SER相關係數不顯著外，其餘胺基酸均與香味呈負相關；而口味與LYS、TRP、ILE、PRO、GLY、VAL、ALA亦皆呈負相關；黏性除了與TYR有負相關外，其餘與口味之分析結果相同；硬性則僅MET有正相關；至於食味總評則與LYS、TRP、ILE、PRO、GLY及VAL均呈負相關，其餘之相關係數則不顯著。由相關分析結果似可推論秈稻各胺基酸對食味總評多係透過外觀、香味、口味及黏性等項目來影響食味表現，但似未透過硬性來影響。

30個稉稻品種胺基酸與食味官能品評之相關分析結果如表9所示，其中外觀與ILE呈負相關；而香味僅與TRP呈正相關；黏性與ILE、PHE、TYR、GLU、VAL間均呈負相關；而硬性除與TRP、CYS、SER、GLY及ARG等之相關不顯著外，其餘胺基酸與硬性均呈正相關；至於食味總評與ILE、PHE、TYR、GLU、VAL及ARG等6種胺基酸間均呈負相關，而其餘之相關係數則均不顯著。上述結果與Matsuzkai *et al.*[26]指出GLU及ASP對食味有正面效果之結論不同，究其原因可能是研

表8. 24個秈稻品種白米18種胺基酸與食味品評值間之相關係數

Table 8. Correlation coefficients of 18 amino acids of milled rice with eating quality of cooked rice in 24 *indica* rice varieties

Amino acid[z] \ Eating quality	Appearance	Aroma	Flavor	Cohesion	Hardness	Overall sensory evaluation
LYS	-0.52**	-0.59**	-0.58**	-0.60**	0.37	-0.58**
HIS	-0.29	-0.46*	-0.33	-0.36	0.31	-0.33
TRP	-0.46*	0.09	-0.41*	-0.53**	0.07	-0.51**
THR	-0.32	-0.54**	-0.34	-0.34	0.24	-0.31
ILE	-0.40*	-0.48*	-0.44*	-0.46*	0.36	-0.44*
LEU	-0.31	-0.46*	-0.35	-0.37	0.33	-0.35
PHE	-0.30	-0.48*	-0.33	-0.35	0.34	-0.33
MET	-0.25	-0.52**	-0.33	-0.31	0.43*	-0.29
CYS	-0.22	-0.18	-0.18	-0.27	0.25	-0.22
TYR	-0.34	-0.39	-0.38	-0.43*	0.34	-0.39
ASP	-0.31	-0.50**	-0.35	-0.37	0.32	-0.35
GLU	-0.26	-0.45*	-0.30	-0.32	0.31	-0.30
SER	-0.17	-0.36	-0.17	-0.18	0.06	-0.15
PRO	-0.42*	-0.50**	-0.42*	-0.41*	0.38	-0.41*
GLY	-0.38	-0.52**	-0.42*	-0.44*	0.34	-0.42*
VAL	-0.37	-0.56**	-0.44*	-0.46*	0.35	-0.43*
ALA	-0.37	-0.51**	-0.41*	-0.42*	0.37	-0.40
ARG	-0.18	-0.41*	-0.29	-0.34	0.15	-0.29
Total protein	-0.32	-0.49**	-0.37	-0.39	0.32	-0.37

*, ** Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

[z] The three letter abbreviations of amino acids.

表9. 30個稉稻品種白米18種胺基酸與食味品評值間之相關係數

Table 9. Correlation coefficients of 18 amino acids of milled rice with eating quality of cooked rice in 30 *japonica* rice varieties

Amino acid[z] \ Eating quality	Appearance	Aroma	Flavor	Cohesion	Hardness	Overall sensory evaluation
LYS	-0.15	-0.15	-0.13	-0.24	0.39*	-0.21
HIS	-0.17	-0.08	-0.19	-0.28	0.42*	-0.27
TRP	0.21	0.45**	0.05	0.12	-0.03	0.27
THR	-0.11	-0.04	-0.11	-0.25	0.40*	-0.21
ILE	-0.37*	-0.27	0.29	-0.43*	0.53**	-0.40*
LEU	-0.21	-0.13	-0.22	-0.35	0.44*	-0.33
PHE	-0.24	-0.13	-0.23	-0.38*	0.42*	-0.37*
MET	-0.08	0.03	-0.01	-0.28	0.46**	-0.22
CYS	-0.26	-0.26	-0.23	-0.16	0.22	-0.25
TYR	-0.33	-0.07	-0.26	-0.53**	0.53**	-0.42*
ASP	-0.19	-0.12	-0.18	-0.31	0.44*	-0.29
GLU	-0.26	-0.16	-0.23	-0.39*	0.43*	-0.40*
SER	-0.01	0.06	-0.05	-0.17	0.29	-0.11
PRO	-0.17	-0.06	-0.16	-0.31	0.40*	-0.30
GLY	-0.15	-0.10	-0.17	-0.26	0.39*	-0.26
VAL	-0.26	-0.16	-0.27	-0.39*	0.44*	-0.39*
ALA	-0.22	-0.16	-0.21	-0.34	0.41*	-0.33
ARG	-0.28	-0.09	-0.35	-0.25	0.22	-0.35*
Total protein	-0.26	-0.13	-0.22	-0.38*	0.45**	-0.38*

*, ** Significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

[z] The three letter abbreviations of amino acids.

究中使用的材料種類及數目不同所致，該報告係利用數個日本稉稻與IR36等加工用品種分析比較所得，由於使用之水稻品種數目不多，因此樣品的代表性似有不足。而本試驗利用30個稉稻品種爲材料，因此樣品較不易發生取樣上之偏差，結論應是較爲客觀正確，因此ASP似應與食味總評無直線相關。而由於ILE、PHE、TYR、GLU、VAL及ARG在稉稻中與食味呈負相關，且硬性及黏性與胺基酸間有密切之相關存在，因此似可推論稉稻中似透過硬性及黏性兩項去影響食味總評。此與秈稻分析結果有所不同，在稉稻中透過硬性影響食味較大，而透過黏性影響食味則是秈、稉稻皆然。

不同分類型之胺基酸含量與食味亦有關係存在，經相關分析結果發現在54品種分析中，含硫之胺基酸含量與食味總評間呈負相關，其餘類型則相關係數均不顯著；而分別依秈、稉稻進行之相關分析卻發現稉稻必需胺基酸、含硫胺基酸、脂肪族胺基酸、芳香族胺基酸、酸性、鹼性及極性胺基酸等含量均與食味總評間呈負相關，而非必需胺基酸、中性胺基酸及非極性胺基酸含量與食味總評間之相關係數則不顯著。至於秈稻中食味總評似乎與胺基酸類型並無顯著簡單相關關係(表10)。由上述結果顯示不同之胺基酸類型與食味間亦有密切關係，尤其稉米似以非必需胺基酸偏中性及非極性之胺基酸組成者，其食味受到影響較小。

表10. 54個（24個秈稻、30個稉稻）品種白米不同分類型胺基酸含量與食味品評值間之相關係數

Table 10. Correlation coefficients of different types of 18 amino acids of milled rice with overall sensory valuation of cooked rice in 54 (24 *indicia*, 30 *japonica*) rice varieties

Type of amino acids	54 varieties	24 *indica* varieties	30 *japonica* varieties
Essential	0.06	0.22	-0.39*
Non-essential	0.09	0.31	-0.35
Sulfur-containing side chain	-0.30*	0.23	-0.36*
Aromatic containing side chain	0.08	0.31	-0.36*
Aliphatic-containing side chain	0.02	0.26	-0.37*
Neutral	0.08	0.27	-0.32
Acidic	0.14	0.32	-0.37*
Basic	0.06	0.14	-0.36*
Polar	0.11	0.27	-0.40*
No-polar	0.04	0.26	-0.35

* Significant at 5% level of probability.

三、食味模式之建立

利用18種胺基酸含量對食味總評進行逐步迴歸分析，結果如表11所示，在54個品種分析中，經10個逐步迴歸分析步驟，結果以選用6種胺基酸之迴歸公式爲最佳食味模式，迴歸模式爲食味總評值=0.817+0.543(ASP) +1.042(SER)-0.808(PRO)-0.316(ILE)-1.270(LYS)-2.033(TRP)，R^2值達0.826，顯示利用6種胺基酸已可解釋約83％之食味變異。再者，爲了解秈、稉稻間其胺基酸解釋食味變異之能力是否有所不同，再分別依秈、稉稻不同進行逐步迴歸分析，其中秈稻經10個逐步迴歸分析步驟，同樣亦以選用6種胺基酸之迴歸公式爲最佳食味模式，迴歸模式爲食味總評值=2.062-0.594(ASP)+0.571(GLU) -3.781(ALA)+0.623(CYS)+4.211 (HIS)-5.006(TRP)，R^2值高達0.942，顯示秈稻利用此6種胺基酸已可解釋約94％之食味變異；而稉稻之迴歸模式則僅TRP及TYR兩項被納入，R^2值僅達0.291，由於稉稻食味模式之R^2值偏低，顯示利用胺基酸含量並不足以掌握稉稻食味變化，仍須再加入與食味有關之理化特性共同掌握食味變化，諸如黏度特性(viscosity)、米飯物理特性(texture)等，如此方可提升迴歸模式對食味變異之解釋率。

由於白米胺基酸間彼此具有高度之相關性，因此於利用胺基酸進行食味迴歸模式建立時，模式之預測能力可能會因自變數間之高度相關而受到干擾，進而降低模式對食味之推定能力。因此，乃將18

表 11. 稻品種白米 18 種胺基酸與食味總評之最佳迴歸模式

Table 11. The best regression equations of 18 amino acids of milled rice for overall sensory evaluation of cooked rice varieties

Step	Variable enter[z]	Parameter estimate	Standard error	Sum of squares	F Value	Probability > F value
			All variety (N=54)			
	Intercept	0.817	0.2316	0.4073	12.45	0.0009
1	ASP	0.543	0.1210	0.6582	20.12	0.0001
2	SER	1.042	0.1337	1.9866	60.72	0.0001
3	PRO	-0.808	0.2286	0.4088	12.49	0.0009
4	ILE	-0.316	0.1604	0.1269	3.88	0.0548
5	LYS	-1.270	0.2902	0.6270	19.16	0.0001
6	TRP	-2.033	0.4717	0.6077	18.57	0.0001
						R^2=0.826
			Indica varieties (N=24)			
	Intercept	2.062	0.2397	0.7296	73.98	0.0001
1	ASP	-0.594	0.2491	0.0561	5.69	0.0290
2	GLU	0.571	0.0907	0.3902	39.57	0.0001
3	ALA	-3.781	0.3951	0.9033	91.60	0.0001
4	CYS	0.623	0.3210	0.0371	3.77	0.0690
5	HIS	4.211	0.9116	0.2105	21.34	0.0002
6	TRP	-5.006	0.4408	1.2722	129.00	0.0001
						R^2=0.942
			Japonica varieties (N=30)			
	Intercept	0.321	0.2346	0.0273	1.87	0.1826
1	TYR	-0.440	0.1531	0.1208	8.27	0.0078
2	TRP	0.860	0.4106	0.0641	4.39	0.0457
						R^2=0.291

[z] The three letter abbreviations of amino acids.

種胺基酸含量先以主成份分析法轉換成互相獨立之 18 個主成份後，再利用 18 個主成份對食味總評值進行逐步迴歸分析。結果如表 12 所示，54 個品種以 18 個主成份對食味總評進行主成份迴歸分析，分析結果發現以選用 7 個主成份之迴歸公式為最佳迴歸模式，模式為食味總評值 =-0.491-0.026(PRIN1)-0.239(PRIN2) -0.085 (PRIN3)+0.074(PRIN4)-0.212(PRIN5)+0.120(PRIN7)+0.357(PRIN9)，R^2 值為 0.841，顯示模式對食味變異的解釋能力尚屬不錯。由於利用主成份迴歸分析法建立之食味迴歸模式與直接利用胺基酸建立者對食味解釋能力相當接近，而主成份變項彼此又互相獨立，不會因為變項彼此間之高度相關而干擾食味變異的推定能力，故似為較佳食味模式建立之方法。

同理，利用主成份迴歸分析法分別進行秈、稉稻食味模式之建立，結果秈稻以選用 13 個主成份之迴歸公式為最佳迴歸模式，模式為食味總評值= -0.844-0.035(PRIN1)-0.063(PRIN2)-0.277(PRIN3)-0.119(PRIN4)-0.304(PRIN5) +0.166(PRIN6)+0.337(PRIN7)-0.143(PRIN8)+0.312(PRIN9)-0.277(PRIN10)-1.284(PRIN15)+1.495(PRIN17)-2.817(PRIN18)，R^2 值為 0.991 (表 12)，由於 R^2 值已相當高，已可充分掌握食味變異，顯示模式對食味變異的解釋能力相當好。至於稉稻則以選用 4 個主成份之迴歸公式為最佳迴歸模式，迴歸模式為食味總評值 =-0.209-0.012(PRIN1)-0.035(PRIN2)+0.088(PRIN6)-0.576 (PRIN15)，R^2 值為 0.437 (表 12)，稉稻以主成迴歸分析法建立之食味模式(表 12)對食味變異之解釋能力較一般迴歸分析法建立者(表 11)有所提升，唯對食味變異之解釋比率仍不高。

上述分析結果除顯示胺基酸與食味間之關係十分密切，且秈、稉稻間之反應亦不一致，其中

表12. 稻品種白米18種胺基酸與食味總評之最佳迴歸模式

Table 12. The best regression equations of 18 amino acids of milled rice for overall sensory evaluation of cooked rice varieties

Variable used	Parameter estimate	Standard error	Sum of squares	F Value	Probability > F value
			All variety (N=54)		
Intercept	-0.4914	0.0240	13.038	419.69	0.0001
PRIN1	-0.0258	0.0066	0.4816	15.50	0.0003
PRIN2	-0.2391	0.0202	4.3495	140.01	0.0001
PRIN3	-0.0847	0.0229	0.4270	13.74	0.0006
PRIN4	0.0735	0.0311	0.1736	5.59	0.0224
PRIN5	-0.2121	0.0386	0.9369	30.16	0.0001
PRIN6	0.1203	0.0536	0.1563	5.03	0.0299
PRIN7	0.1524	0.0590	0.2073	6.67	0.0131
PRIN9	0.3572	0.0760	0.6868	22.11	0.0001
					R^2=0.841
			Indica variety (N=24)		
Intercept	-0.844	0.0149	17.100	3188.88	0.0001
PRIN1	-0.035	0.0040	0.4239	79.06	0.0001
PRIN2	-0.063	0.0121	0.1463	27.29	0.0004
PRIN3	-0.277	0.0227	0.7962	148.50	0.0001
PRIN4	-0.119	0.0233	0.1403	26.16	0.0005
PRIN5	-0.304	0.0256	0.7599	141.73	0.0001
PRIN6	0.166	0.0438	0.0774	14.44	0.0035
PRIN7	0.337	0.0542	0.2074	38.68	0.0001
PRIN8	-0.143	0.0594	0.0309	5.77	0.0372
PRIN9	0.312	0.1045	0.0477	8.90	0.0137
PRIN10	-0.277	0.1083	0.0350	6.53	0.0286
PRIN15	-1.284	0.3518	0.0714	13.32	0.0045
PRIN17	1.495	0.5932	0.0341	6.35	0.0304
PRIN18	-2.817	0.8198	0.0633	11.81	0.0064
					R^2=0.991
			Japonica variety (N=30)		
Intercept	-0.209	0.0204	1.3134	104.73	0.0001
PRIN1	-0.012	0.0057	0.0577	4.60	0.0419
PRIN2	-0.035	0.0145	0.0728	5.81	0.0237
PRIN6	0.088	0.0408	0.0580	4.62	0.0414
PRIN15	-0.576	0.2765	0.0544	4.34	0.0476
					R^2=0.431

z The three letter abbreviations of amino acids.

ILE、VAL不論秈、稉稻及秈+稉稻(54個品種)混合分析時，與食味均有負相關之關係，因此國內在良質育種時，似宜降低ILE、VAL含量來提升米質。此外，由於不同秈、稉稻其胺基酸與食味間之關係並不全然相同，若以相關分析結果為依據進行育種選拔策略擬定參考時，應就秈、稉稻分別考量來進行。而必需胺基酸如LYS、TRP及ILE等三項，在秈稻及54個品種之分析結果均與食味總評呈負相關，此就營養觀點而言，似乎愈好吃之秈米其營養價值有愈低之趨勢。至於不同類型胺基酸特性與食味間亦有密切關係存在，尤其是稉稻中之關係更是密切，秈稻則不受影響。再者，以胺基酸進行改良時，由於其分析工作十分繁重，對於大量雜交後代之選拔似不易進行，而由於貯藏性蛋白質其胺基酸含量上有差異存在，因此透過改良貯藏性蛋白質以改變稻米胺基酸含量應是較為可行的方式。近來有學者利用分子生物技術手段來改變米粒中prolamin(醇溶性蛋白質)及glutelin(鹼溶性蛋白質)的表現，結

果得到轉殖稻株之米粒貯藏性蛋白質含量確實有所改變[36]，其雖尚未達到商業品種育成之實用階段，但顯示轉移蛋白質品質較佳之基因進入水稻來改變胺基酸之質和量是一可能成功之途徑。

由胺基酸含量與食味總評間逐步迴歸分析及主成份逐步迴歸分析之結果可知，在秈稻及54個品種之分析中，胺基酸對食味變異之解釋效力不錯，應可於食味良劣評估時利用。唯稉稻分析中，胺基酸對食味之掌握效果未臻理想，顯示仍需加入其它與食味有關之理化特性共同掌握食味變化，諸如物理特性、黏性特性等與食味間有密切之關係[10, 11]，因此是相當不錯的選擇。比較本次研究秈和稉稻合併分析建立者及許等[11]利用黏度特性建立者，結果發現利用胺基酸建立之食味模式，對食味變異之解釋率較高，但與許和吳[10]建立模式比較則較低，唯本研究秈稻利用胺基酸建立者，爲目前國內外研究[10, 11, 16]中對食味解釋率最高之模式，顯示利用胺基酸含量變化有助於對秈米食味變異之掌握，建立之食味迴歸模式應可於食味良劣評估用。再者，胺基酸之分析需經樣品磨粉調製、樣品酸分解、乾燥、加水稀釋、過濾及分析等繁複程序，因此欲以此種胺基酸分析法做爲評估食味之方式，似乎不太可行，尤其胺基酸分析儀價格十分昂貴，研究單位勢難普及應用，因此需發展一快速簡易之胺基酸分析方法，如此建立之食味迴歸模式方可有效運用。而近紅外線分析技術(NIRS)可符合此一要求，本實驗室已建立有關白米及糙米直鏈澱粉、蛋白質、水分等NIRS分析檢量線[6, 7]，目前正著手探討NIRS測定胺基酸含量的可行性，初步發現有14種胺基酸NIRS檢量線之複相關係數(r)可高於0.8以上。

誌　謝

本試驗承蒙行政院農業委員會經費補助(計畫編號:89科技-1.1-糧-01(4-4A))，計畫審查並蒙王技正慶一小姐提供諸多寶貴意見，使得研究得以順利進行，特此誌謝。

引用文獻

1. 竹生新治郎、渡邊正造、杉本貞三、酒井滕敏、谷口嘉廣。1983。米の食味と理化學的性質の關連。澱粉科學 30: 333-341。
2. 竹生新治郎、渡邊正造、杉本貞三、酒井滕敏、谷口嘉廣。1985。多重迴歸分析にゐ米の食味判定式の設定。澱粉科學 32: 51-61。
3. 宋勳、洪梅珠、許愛娜。1991。台灣稻米品質之研究。1-101頁。台中區農業改良場特刊第24號。
4. 宋勳。1978。稻米品質劃分之可能性。台中區農業改良場研究彙報 新 2: 26-31。
5. 吳永培、許愛娜、陳隆澤、陳一心、黃懿秦。1999。稻米粒貯藏性蛋白質之研究。中華農業研究 48: 1-11。
6. 吳永培、許志聖、陳一心。1999。近紅外光分析技術應用於糙米粒化學成分含量之測定。中華農學會報 1: 333-342。
7. 吳永培、謝兆樞、、陳一心、黃懿秦。1997。近紅外光分析技術及冷鹼糊化法分析米粒成份可行性之研究。中華農藝 7: 193-201。
8. 洪梅珠、宋勳、劉慧瑛、林禮輝。1989。稻米理化性質之研究 I.官能品評特性與米粒外貌及化學性質間相關之研究。台中區農業改良研究彙報 24: 53-62。
9. 許愛娜、宋勳。1988。稻米理化性狀與食味關係之因子分析。台中區農業改良場研究彙報 25: 43-53。
10. 許愛娜、吳永培。1998。水稻品種白米粉末黏度之研究。台中區農業改良場研究彙報 58: 43-58。
11. 許愛娜、朱德民、白鏘、謝順景。1997。白米粉末黏度特性與米飯食用品質間關係之探討。中華農學會報新 180: 24-44。
12. 謝伯東、蔡錫舜、陳信濤、花翠紅。1975。臺灣產食米中各種氨基酸之分佈之研究。中國農業化學會誌 12: 73-80。
13. 劉慧瑛、林禮輝、宋勳、洪梅珠 。1988。不同稻米品種之食用品質與化學性質之關係。稻米品質。76-89頁。台灣省台中區農業改良場編印。
14. 翟鳳林。1991。植物蛋白質品質改良的生理與遺傳。作物品質育種。北京農業出版社出版。22-65頁。
15. Chikubu, S., S. Watanabe., T. Sugimoto., N. Manabe., F. Sakai and Y. Taniguchi. 1985. Establishment of eating quality

estimation formula of rice by multiple regression analysis. J. Jpn. Soc. Starch Sci. 32: 51-60.

16. Chikubu, S., S. Watanabe., T. Sugimoto., N. Manabe., F. Sakai and Y. Taniguchi. 1983. Relation between eating quality evaluation of cooked rice and physicochemical properties of rice. Ibid. 30: 333-341.
17. Eggum, B. O., H. Satoh and B. O. Juliano. 1994. Protein quality evaluation of cooked rice for protein mutants in growing rats. Cereal Chem.71: 199-201.
18. Izutsu, T and K. Wani. 1985. Food texture and taste: A review. J. Texture Stud. 16: 1-28.
19. Johnson, R. A. and D. W. Wichern. 1982. Principal Component. pp 401-457. In: Applied Multivariate Statistical Analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.
20. Juliano, B. O. 1985. Criteria of rice quality in the United States. In B. O. Juliano, ed, Rice: Chemistry and Technology., American Assoc. of Cereal Chemists. St. Paul, MN., U. S. A. pp. 403-427.
21. Juliano, B. O. 1972. The rice Caryopsis and its composition. Rice: Chemistry and Technology. Am. Assoc. Cereal Chem.,St. Paul, MN., U. S. A. pp.16-74.
22. Kim, W. T., X. Lii and T. W. Okita. 1993. Expression of storage protein multigene families in developing rice endosperm. Plant Physiol. 34: 595-603.
23. Lii, C. Y., S. M. Chang and H. L. Yang. 1986. Correlation between the physicochemical properties and the eating quality of milled rice in Taiwan. Bull. Inst. Chem. Aademia Sincia 33: 55-62.
24. Matsue, Y., K. Odahara and M. Hiramatsu. 1994. Differences in protein content, amylose and eating quality in relation to location of grains within rice panicle. Jpn. J. Crop Sci. 63: 271-277.
25. Matsue, A., T. Takano., S. Sakamoto and T. Kuboyama. 1992. Relation between eating quality and chemical components in milled rice and amino acid contents. Ibid. 61: 561-567.
26. Matsuzaki, A., T. Takano.,S. Sakamoto and T. Kuboyama. 1992. Relation between eating quality and chemical components in milled rice and amino acid contents. Ibid. 61: 561-567.
27. Nagato, K., Ebata, M. and M. Ishikawa. 1972. Protein content of developing and mature rice grain. Ibid. 41: 472-479.
28. Okabe, M. 1979. Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality. J. Texture Studies 10: 131-152.
29. Padhye, V. W. and D. K. Salunkhe. 1979. Extraction and characterization of rice proteins. Cereal Chem. 56: 389-393.
30. Resurreccion., A. P., X. Li., T. W. Okita and B. O. Juliano. 1993. Characterization of poorly digested protein of cooking rice protein bodies. Cereal Chem. 70: 101-104.
31. Saikusa, T., T. Horino and Y. Mori. 1994. Distribution of free amino acids in the rice kernel and kernel fractions and the effect of water soaking on the distribution. J. Agric. Food Chem. 42: 1122-1125.
32. SAS User's Guide:Statistics. 1988. NC: SAS Institute Inc.
33. Sowbahagya, C. M., B. S. Ramesh and K. R. Bhattacharya. 1987. The relationship between cooked rice texture and physicochemical characteristics of rice. J. Cereal Sci. 5: 287-297.
34. Stryer, L. 1981. Biochemistry: Introduction to protein structure and function. In: Stryer, L. 2nd ed. Yi Hsien Publishing Co., R. O. C. pp. 11-42.
35. Tada, Y. 1996. Modification of rice grain compontents by recombinant DNA technology. Gamma Field Symposia 35: 5-17.
36. Tamaki, M. and M. Ebata. 1989. Physicoecological studies on quality formation of rice kernel III. Effects of ripening stage and some ripening conditions on free amino acids in milled rice kernel and in the exterior of cooked rice. Jpn. J. Crop Sci. 58: 695-703.
37. Tashiro, T. and I. F. Watdlaw. 1991. The Effect of high temperature on the accumulation of drying matter, carbon and nitrogen in the kernel of rice. Aust. J. Plant Physiol. 18: 259-265.
38. Webb, B. D. 1985. Criteria of rice quality in the United States. In B. O. Juliano, ed, Rice: Chemistry and Technology., American Assoc. of Cereal Chemists. St. Paul, MN., U. S. A. pp. 403-427.

Studies on the Differences of Amino Acids of Milled Rice among Rice Varieties and its Relationship to Eating Quality of Cooked Rice [1]

Yong-Pei WU[2], Ai-Na Hsu[3], Jaw-Shu Hsieh[4] and Yih-Ching Huang[4]

Summary

The aims of our research is to evaluate the differences of 18 amino acid contents of milled rice and its relationships to eating quality of cooked rice among rice varieties, According to the results of analyses, the cysteine content of *japonica* rice varieties was significantly higher than that of *indica* rice varieties. On the contrary, the serine content of *japonica* rice varieties was significantly lower than that of *indica* rice varieties. No significant difference was found in other 16 amino acids between both types of rice varieties. However, significant differences existed among those five different types of rice varieties (Japanese rice, Taiwan *japonica* rice, Taiwan *indica* rice, American rice and IRRI rice) in tryptophan, methionine, cysteine and serine contents by multiple comparisons tests. Also, the content of amino acids with sulfur-containing side chain was significant different among above five different types of rice varieties.The results of correlation analyses indicated that the overall sensory evaluation of cooked rice(OVE) were negatively correlated with the contents of lysine, tryptophan, isoleucine, half cysteine, tyrosine, proline, valine, alanine and the contents of amino acids with sulfur-containing side chain in 54 rice varieties; however, there also existed negative correlations between OVE and lysine, trptopan, isoleucine, proline, glycine, valine in 24 *indica* rice varieties. Negative correlation relationships between OVE and isoleucine, phenyalanine, tyrosine, glutamic acid, valine, arginine, the contents of essential, acid, basic, polar amino acids and the contents of amino acid with sulfur, aromatic, aliphatic containing side chains were also existed for 30 *japonica* rice varieties. The stepwise regression analyses between OVE and the contents of 18 amino acids indicated that the best regression equations could explain the 82.6% variation of OVE in 54 rice varieties, 94.2% in *indica* rice, 29.1% in japonica rice, respectively. The principal component stepwise regression analysis between OVE and the contents of 18 amino acids indicated that the best regression equations could explain the 84.1% variation of OVE in 54 rice varieties, 99.1% in indica rice, 43.7% in *japonica* rice, respectively. These results showed that there were close correlations between the contents of amino acids and OVE of rice varieties. It was indicated that the contents of amino acids might be used as a criterion of OVE in the breeding program for improving the quality. However, the relationships between the contents of amino acids and overall sensory evaluation were different in *japonica* and *indicia* rice varieties. Therefore, it suggested that the breeding program for improving the quality of *japonica* and *indica* rice should be established separately.

Key words ： Amino acid, Eating quality, Rice varieties.

---

1. Contribution No.2040 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Assistant, Department of Agronomy, Chaiyi Agricultural Experiment Station. Chaiyi, Taiwan, ROC.

3. Associate Agronomist, Taichung District Agricultural Improvement Station, Tasuen Hsiang, Changhua, Taiwan, ROC.

4. Professors, Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(4): 16～28 (2000)

DSSAT模式在預測水稻產量及氣候變遷衝擊評估之適用性探討[1]

姚銘輝[2] 盧虎生[3] 朱 鈞[3] 蔡金川[2]

摘要：對農業生產而言，氣候具有二種意義，若能有效管理則為一種資源，相反的，則是一種危害。大氣二氧化碳濃度在過去200年來，由280ppm增加到350ppm，最近35年和其他溫室氣體快速增加，由315ppm迅速增加到350ppm。增加的二氧化碳濃度經由直接刺激光合作用進行而影響作物生長，這種生理反應一般稱為“二氧化碳肥料效應”，在其他條件配合下可使作物生育更好及更有活力，進而提高乾物重產量。此外，提高二氧化碳也可透過對氣候因子（例如溫度及降水）的影響，間接影響作物生長。水稻是台灣地區最主要農作物，探討未來氣候變遷對水稻生產相當重要。本研究利用DSSAT生長模式並和大氣環流模式相結合，同時由氣象因子的敏感度分析瞭解對產量的影響，結果顯示提高二氧化碳濃度有助於水稻增產，但提高溫度則相反。而由DSSAT模式預測台中地區水稻產量，在二倍現行二氧化碳濃度下， GISS模式預測為增產2.5 %，GFDL為4.2 %，UKMO為4.0 %。

關鍵詞：氣候變遷、溫室效應、二氧化碳肥料效應、大氣環流模式。

前　言

大氣中CO_2濃度自1958年開始觀測起即呈現穩定增加趨勢，1995年為358 μmol，至2075年將達到670～760 μmol [28]。由於CO_2及其他溫室氣體增加的結果，許多氣候及大氣環流模式(General circulation model；GCM)預測全球地表氣溫將明顯昇高[17, 10]。溫度昇高也將使地表蒸發散增加，加速水文循環。預估二倍CO_2濃度(560 μmol)時全球溫度將會升高2.8～5.3℃，而降水量增加6.7～13.5%[14]，另由於水汽蒸發影響雲的生成，也間接影響太陽輻射量。因此，氣候將全面改變，無法僅以CO_2濃度及溫度的昇高來思考或評估未來氣候變遷對農作物生長或產量的影響。

由作物生理學的觀點，提高大氣CO_2濃度則進入氣孔內腔CO_2的通量相對增加，而增加葉片光合作用速率[33]；另外一方面，當CO_2含量昇高將減少O_2和Rubisco (Ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase)結合。以C3型植物(大多數農藝作物屬之)而言，將減少耗費能量之光呼吸(photorespiration)，使生質量(biomass)累積，進而提高作物產量[9]。

水稻生育範圍極廣，由北緯45°至南緯40°皆有，在2500公尺高山也有種植。低溫是限制水稻種植區域向溫帶及高山寒冷地區發展的主因[23]，未來全球暖化將有利於水稻在這些區域的種植。在一些

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2041號。

2. 本所農業工程系助理研究員、副研究員。台灣省　台中縣　霧峰鄉。

3. 國立台灣大學農藝系教授。台北市。

溫度對水稻生育影響的研究中，營養生長期間水田水溫由 18 ℃到 33 ℃間，生質量隨溫度昇高而增加[19]，但在水稻生殖生長期間提高溫度對產量則有負面影響[38]，主要是穀粒充實日數縮短，每穗未充實粒數增加[6]，同時過高溫度若配合低濕度等則容易導致水稻稔實率嚴重下降[18]。

依據試驗室內或以 FACE 方式皆可證明提高 CO_2 可助於光合作用及乾物重累積[7, 35]，但 CO_2 提高的同時也使氣溫增加。Jansen(1990)利用 MACROS 作物模式探討東亞地區氣候變遷下水稻生產情形，其結果指出溫度略爲增高有助於產量增加，但如果超過 0.8 ℃則產量開始減少，減產最大幅度發生在北緯 10-35° 之間。Rosenzweig *et al.* (1993)以 IBSNAT 模擬 22 個國家作物生產情形，其中包括水稻，結果發現低緯度農作物生產區在氣候變遷下將減產；但中高緯度則呈增產現象，作者認爲中高緯度經暖化後，作物生育時間延長，加上 CO_2 肥料效應使乾物重累積增加而增產；低緯度的增溫則生育日數縮短，造成穀粒充實不足而減產。

目前對於氣候變遷影響農作物產量及耕作制度改進的評估，大多先發展作物生長模式，再將氣候因子由大氣環流模式依預測地區的經緯度，判別其氣候輸出值，再由輸出值帶入生長模式中進行評估。DSSAT(Decision support system for agrotechnology transfer)是由美國夏威夷大學支持開發之作物生長模式，並且由全球各大學及研究機構之專家學者共同參與各種作物之模式開發。DSSAT 模式預測結果已被政府間氣候變遷委員會(Intergovernmental panel on climate change, IPCC，爲聯合國下之研究組織，所發表氣候變遷報告，具有公信力)所接受。

在氣候變遷的前提下，已經有相當多研究文獻探討對農作物生產的影響[15, 34, 26]。在水稻的研究中，Yoshino *et al.* (1988)利用 GCM 模式中之 GISS 預測日本水稻在 2 倍 CO_2 時將增產 9%。Soloman and Leemans(1990)利用簡易作物模式研究全球水稻將增產 0.4%。美國加州水稻在兩倍 CO_2 時產量反而減少 11～21% [32]。Matthews *et al.* (1997)利用兩種水稻生育模式 ORYZA 1 及 SIMRIW 探討 GCM 模式預測亞洲水稻生產情形，結果顯示將減產 3.8%，其中減產區域爲泰國、孟加拉、中國南部及印度西部，有些區域則增產，包括印尼、馬來西亞及台灣等地區。不過該研究所用品種爲 Ishikawi，基準產量爲 2798 公斤,和現行我國常用品種及實際產量並不相同。

我國地處亞熱帶，氣候條件適合水稻種植，同時水稻也是最大宗農作物，水稻產量多寡影響農民生計及糧食安全，在未來氣候變遷下對我國水稻生產的影響是值得探討的課題。本研究擬以台中地區水稻生育調查資料測試 DSSAT 在當地之預測能力，並進行氣候敏感度分析，以了解不同氣候情景（scenario）對產量影響程度。並由 GCM 模式取得接近我國之網格交叉點上的預測值，再經 DSSAT 預測二倍 CO_2 時之氣候狀態對我國水稻產量的衝擊評估。

材料與方法

一、資料來源：

水稻生育資料取自於農業試驗所(東經 120°，北緯 24°，海拔高度 85 公尺)進行之水稻豐歉試驗，自民國 81 年第一期作至 88 年第二期作止，計八年，十六期作，參試品種爲 稉稻台農 67 號及秈稻台中秈 10 號二品種，氣象資料則由該所農業一級氣象站之每日氣象資料爲資料庫。生育資料是由插秧後三週開始調查，包括每週調查葉乾重、桿乾重、穗重、葉面積，並於成熟期調查產量及產量構成要素。由於試驗目的在探討氣象和產量間的關係，因此水稻試區是在固定田區，並由專人負責作一致的管理，並適度控制病蟲害發生，盡量排除非氣象的影響因子。

二、DSSAT 模式基本資料

DSSAT 氣象資料輸入值爲每日之太陽輻射量、最高溫度、最低溫度及降雨量，這四項資料在一般氣象站皆可提供。水稻栽培方式設定是依據目前慣行方式進行，例如行距 30 公分，單位面積株數爲 22 株/平方公尺，模擬以單一期作爲主，不考慮前期作的影響。土壤特性則以選項式提供使用者選擇最接

近模擬地區之土壤特性，DSSAT共有41種不同類型之土壤，也可由使用者依據資料自行建檔，本研究是依據農業試驗所農場之土壤特性調查資料，選取粘質壤土(選項編號27)爲水稻田土壤質地，施用氮肥量爲113kg ha^{-1}，模擬過程中則設定爲無肥料逆境，其餘有關土壤特性則依據模式內預設值進行模擬。DSSAT模式中每一種作物皆有可供選擇之遺傳特性，例如水稻有34種秈稉稻品種，而一些本土性選育之品種可藉由內部計算程序(GenCalc)得到該品種之遺傳參數，本研究除利用內部運算遺傳參數外，並選取已有遺傳參數之種原種植於農試所農場及溫室內，由不同溫度變域觀察開花及成熟日數，再由模式內部運算與實際種植觀測結果相互比較，以確定本土品種(台農67號及台中秈10號)之遺傳參數。至於對氣候變遷的評估有二種方式，由現有資料經WeatherMan產生另一組氣象資料，經計算統計後代入模式內進行評估，或是由敏感度分析將現有資料以加減某一數值，或乘以某比例方式進行。分析之氣象因素除四項輸入值外，尙包括日照長度、CO_2濃度、濕度及風速，而CO_2濃度調整時也考慮其他氣象因素之交感反應。

三、模式參數測定及敏感度分析

敏感度分析是將某一參數提高或降低輸入值，並在其他參數固定情形下，檢測輸入值對模式輸出值的影響程度，可透過參數的調整而瞭解對產量的貢獻度。由於DSSAT爲綜合性模式所需參數甚多，包括耕地土壤特性(質地、酸鹼度、離子含量及有機質含量等)，作物特性(遺傳特性及生理特性)，氣象資料則爲氣溫、日射量及降雨量三種。本研究主要著重於氣象因子之敏感度分析，用以瞭解對作物模式所預測之產量的貢獻度，溫度及CO_2濃度以固定數値方式進行，即增減某一數値而進行敏感度分析，雨量及日照強度由於變異係數較大，因此以固定倍數方式進行。至於其他參數若有實測值則輸入模式內，若無實測資料則以推估方式進行。

四、GCM模式對氣候變遷之預測

目前有多種氣候模式的建立，模式的基本特性是將全球以立體結構加以網格（mesh）化，由近地層到高空的垂直剖面分成九層，每一網格所含蓋的面積爲4.5°（緯度）×7.5°（經度），全球共1920個網格。當然每一模式因不同研究主題而有所差異，表一爲目前進行氣候變遷衝擊評估最常用三種模式的特性，GFDL (Geophysical fluid dynamics laboratory) [36]、GISS (Goddard institute for space studies) [10]及UKMO (United Kingdom meteorological office) [37]。本研究將上述三種模式之輸出値分成一期作（3,4,5,6月）、二期作（8,9,10,11月）及全年等三種。溫度以增減某一數値，光照強度及雨量則以倍數方式表示。

表1. 本研究所使用之大氣環流模式特性

Table 1. Major feature of the three general circulation models used in this study

	General circulation model		
	GFDL	GISS	UKMO
Source laboratory	Geophysical fluid dynamics laboratory	Goddard institute for space studies	United kingdom meteorological office
Reference	Wetherald & Manabe (1988)	Hansen *et al.* (1988)	Wilson & Mitchell (1987)
Horizontal resolution(lat. x long)	4.4° x 7.5°	7.8° x 10.0°	5.0° x 7.5°
Vertical resolution (no. of layers)	9	9	11
Diurnal cycle	no	yes	yes
Base 1 x CO_2 (ppm)	300	300	323

結果與討論

由於每一水稻品種的生育時期轉換或是對環境的敏感度並不相同，因此建立水稻栽培品種的遺傳

係數是DSSAT模式建立的基礎。我國水稻育種或是水稻種源引進的調查較爲粗略，DSSAT所需之遺傳參數(如光周期性、分蘖係數或溫度忍受係數)常缺少，因此無法由種源資料瞭解本地水稻品種的特性。本研究對於遺傳參數的判定採用二種方式，一種是由模式內部運算，另一種是以實際種植觀測方式進行。DSSAT提供不同品種遺傳參數計算的功能[11]，因此將我國主要水稻栽培品種台農67號及台中秈10號，在農業試驗所調查資料輸入模式內計算。另以實際種植由DSSAT水稻模式所提供34個秈稉稻品種中選取其中7個品種(IR8、IR20、IR36、IR64、IR72、CICA8、Lemont)，分別於87年二期作及88年一期作種植在田間，另以盆栽方式種植水稻於塑膠布溫室內，以增加品種在不同溫度環境下的表現。由田間及溫室調查不同品種之開花日數及成熟日數，並配合栽培環境氣象資料，將此兩項資料輸入模式內計算遺傳參數。由DSSAT所提供之遺傳參數與該品種在本地的觀測值作出檢量線，如此才可確認模式所計算之台農67號及台中秈10號遺傳參數的正確性，經計算及校正後之數值列於表2。

表2. DSSAT模式所用之水稻遺傳參數

Table 2. The genetic coefficients of rice used for DSSAT model

Genetic coefficient (abbreviation)[z]	Value	
	Tainung 67	Taichung sen 10
Juvenile phase coef. (P1), GDD	520	500
Critical photoperiod (P20), h	11.7	12.0
Photoperiodism coef. (P_2R), GDDH^{-1}	100	90
Grain filling duration coef. (P5); GDD	450	350
Spikelet number coef. (G1)	75	70
Single grain weight (G2), g	0.024	0.026
Tillering coef. (G3)	1.00	1.00
Temperature tolerance coef. (G4)	1.00	1.00

[z] GDD, growing degree days (℃)

DSSAT預測水稻每一生育階段所需日數，包括幼苗終期、始穗期、抽穗期、穀粒充實期及成熟期等時期。所預測每一階段之生育日數是依據積算溫度(growth degree day, GDD)決定。一般是以平均氣溫扣減某一基準溫度(水稻基準溫度爲9℃)後加以累計溫度值。圖1爲1992(1999年水稻台農67號田間調查成熟期及DSSAT模擬值的相關性，一期作決定係數(R^2)達0.92，二期作偏低爲0.86。大致上DSSAT在生育時期的判斷和實際田間調查結果是相近的。

爲了瞭解DSSAT對我國水稻產量的預測能力，將1992-1999年氣象資料輸入模式中以預測水稻產量，圖2爲台農67號及台中秈10號在一、二期作預測的結果，稉稻預測能力較佳，R^2值在0.7以上，秈稻則稍低，一期作0.64，二期作0.68，其中1994年二期作由於白葉枯病大流行而減產，在本研究並未進行病蟲害模擬，因此將此期作資料剔除。

產量預測能力受許多因素影響，因此發展出許多種預測方式，針對預測方法的利弊，生長模式研究大師Monteith (1981)曾經說過"對於作物、氣候之間的研究，利用統計方式是相當笨拙的方法，因爲它忽略物理和生理機制間的相關性"。早期一些生長模式是以統計(如複迴歸)將過去試驗數據加以歸納而得，由於資料來源及模式預測是相同地區，預測能力準確性較高。孔(1989)曾指出美國利用複迴歸模式預測農作物產量，預測能力相當好，所預測產量與實際產量誤差僅在5%之間，但在氣象異常年代則誤差達20-30％。顯然利用統計模式在資料範圍內加以內插尚可利用，但不足以進行外插預測。之後發展之模式強調在機制性(mechanism)（DSSAT屬之），根據作物生理和物理定律訂定生長因子間的關係性。這種模式具有攜帶性及普遍性，也就是在不同地域環境皆有穩定準確的預測結果，同時對於極端氣候也有較佳的預測能力，特別是針對氣候變遷等議題，不過對於單一區域預測力和統計方式

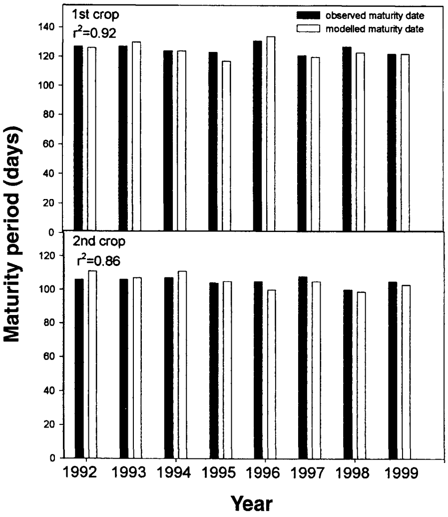


圖1. 1992至1999年間農業試驗所農場水稻成熟日數實測值與模擬值之相關性。

Fig. 1 The relationship between modelled and observed maturity period for rice during 1992-1999 growing seasons at Taiwan Agricultural Research Institute field sites.

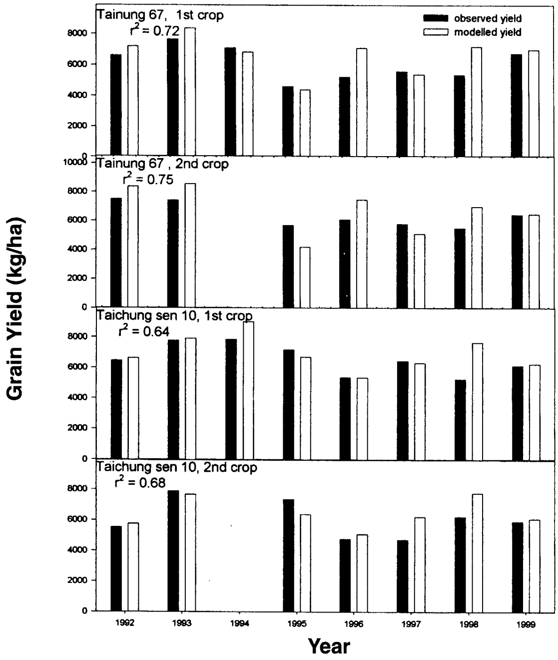


圖2. 1992至1999年間農業試驗所農場水稻穀粒產量實測值與模擬值之相關性。

Fig. 2 The relationship between modelled and observed grain yield for rice grown during 1992-1999 growing seasons at Taiwan Agricultural Research Institute field sites.

相較則偏低。就產量預測度而言，DSSAT對台中地區水稻產量的預測能力，決定係數(R^2)約在0.6-0.7之間。預測能力隨歷史資料時間越長或區域範圍越大則準確度越低，Chipanshi *et al.* (1999)利用CERES模式和30年小麥產量歷史資料相較，決定係數(R^2)僅約0.5。雖然主要參數(如光照或溫度)和產量間已有關係式可穩定預測，但土壤一作物一大氣間是相當複雜，針對機制性模式並沒有足夠的測定值可輸入模式中，因此有些參數必須以預設值作爲輸入值，而模式本身對於生長逆境的解釋度不足，也容易造成產量預測值和實測值有差異的原因。同時作物本身之“生物性”，每一生理反應皆由幾百或幾千個酵素或代謝途徑所控制，由於作物生理反應的非線性特性及物種(或品種)遺傳調控的複雜性，雖然目前利用分子生物技術對於生理或產量的形成作廣泛探討，但仍然無法模式化，這些因素都是造成機制性模式預測偏低的原因。

年度或期作間水稻產量隨當時氣象條件而異，每一生育時期的氣象因子變動幅度影響最終產量的形成。表三爲1992(1999年農業試驗所農場水稻一、二期作生育期間之氣象資料，統計項目爲平均最高溫、平均最低溫、太陽輻射量及降雨量等四項，這四項同時也是DSSAT氣象輸入值。由表中資料，在8年期間內不同年份的平均最高溫及最低溫差值在2.2～2.5℃之間，一、二期作皆有相同結果。最低及最高溫度的變異係數(coefficient of variation, CV)爲3～8間，二期作通常較一期作高；累積太陽輻射量一期作爲6，二期作爲13；累積雨量則變化極大，一期作CV值41.4，二期作156.4。1995年二期作降雨爲62公厘，1992則高達697公厘，相差約10倍；一期作在多雨及少雨年度之累積雨量也相差5倍以上。

表3. 農業試驗所農場1992-1999年間水稻生育期間之最高及最低氣溫、太陽輻射量及降雨量之平均值與變異係數

Table 3. Mean and coefficient variation of maximum and minimum temperature, solar radiation and precipitation during the rice-growing season of 1992-1999 at Taiwan Agricultural Research Institute field sites

Year	Mean Max. Temp.(℃)		Mean Min. Temp.(℃)		Solar Radiation(MJ/m^2)		Precipitation(mm)	
	I	II	I	II	I	II	I	II
1992	26.7	30.5	18.8	21.7	1426	1364	693	697
1993	27.4	32.3	19.4	21.7	1569	1458	965	195
1994	27.6	30.7	19.6	20.8	1533	1360	628	565
1995	28.4	31.3	19.9	22.0	1402	1317	279	62
1996	27.4	31.1	18.1	22.6	1496	1296	803	153
1997	28.6	31.0	20.1	21.5	1441	1233	991	437
1998	27.7	32.5	19.6	23.0	1290	1370	1346	560
1999	29.2	32.8	20.6	22.1	1398	1329	549	388
C.V	2.9	7.4	4.0	8.2	6.1	12.9	41.4	156.4

z GDD, growing degree days (℃).

氣候變遷是氣候全面改變，並不單只是CO_2濃度或溫度的改變，每一種氣象因素對產量的形成都有特定作用，調整氣象因子對產量的影響力，即是敏感度分析。透過氣象敏感度分析可了解不同氣象因素在未來氣候變遷所扮演角色。本研究中所使用產量資料，以台農67號一期作爲例，8年產量資料以1993年產量最高，1995年最低，另外1998年累積雨量高達1346公厘，同時日射量也最低，因此選定1993、1995及1998等三年的氣象資料進行DSSAT敏感度分析。圖3爲三個年度增溫及增加CO_2濃度後產量的變化，增溫使生育日數縮短，水稻在營養生長及生殖生長皆可能因發育或充實不足而減產。依據圖中資料，在增溫5℃時約減產20-25％，但CO_2濃度的提高則有助於產量增加，二倍CO_2時(660 ppm)，1993年增產至12114公斤／公頃，約增加21％，對低產的年度1995年而言，增加幅度更多，爲27.4％。若以1998年氣象條件爲基礎，提高溫度及CO_2濃度作組合，則不同組合下的水稻產量

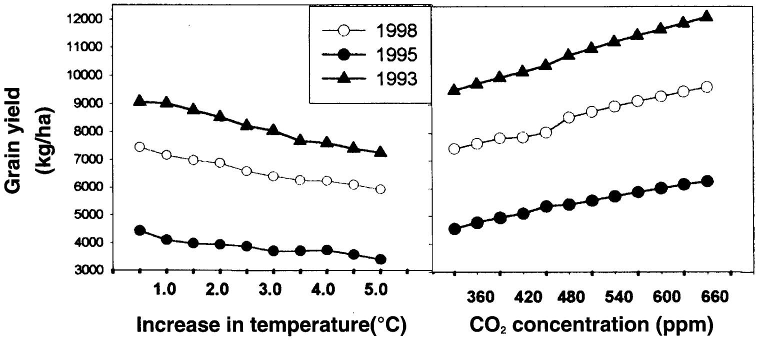


圖3. 利用DSSAT模式模擬提高溫度及二氧化碳濃度對水稻穀粒產量之敏感度分析。

Fig. 3 The sensitivity analysis for the grain yield of rice under the increase of temperature and CO_2 concentration by DSSAT model simulation.

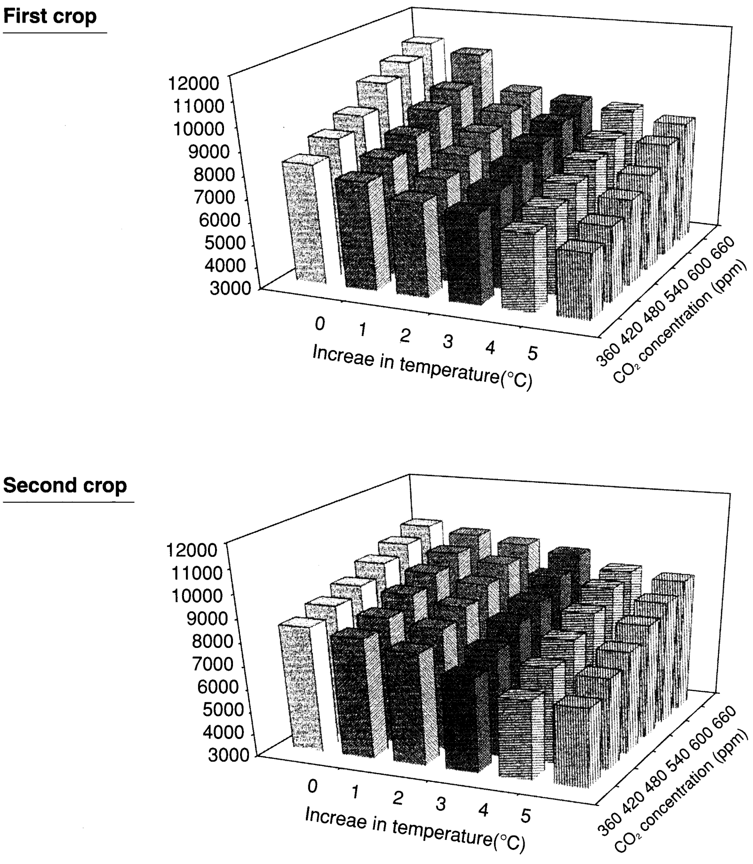


圖4. 水稻一、二期作為提高溫度及二氧化碳濃度後水稻穀粒產量之敏感度分析。

Fig. 4 The sensitivity analysis for the grain yield of rice under the increase of temperature and CO_2 concentration in first and second cropping seasons.

預測如圖4。一、二期作的結果大致是相近，提高溫度使產量減少，增加CO_2濃度則產量增加，不過，在二倍CO_2濃度(660ppm)下，不同增溫程度的產量仍較目前產量為高，顯然若從溫度及CO_2濃度兩項因子考慮，未來氣候變遷對我國水稻生產是呈增產的趨勢。

根據IPCC (1995)報告指出，全球平均溫度在二十世紀 (1901-1994) 上升0.5℃，姚等人 (1999) 針對我國十個氣象站過去45年，除恆春測站增溫不顯著外，其餘各站皆呈暖化現象，以台中為例，約上昇0.4℃，至於未來是否如預測結果會急速增溫？則有不同的看法，甚至質疑全球是否暖化[24]。造成南轅北轍的結果主要在“雲”，Ramanathan等人 (1989) 利用衛星影像探討雲及輻射收支平衡發現，暖化是因雲粒子吸收長波輻射，冷卻則因將短波輻射反射回太空中所致。但是雲的形成、雲量多寡及雲層高度，雖然目前有氣象衛星仍然無法加以量化，同時雲的數值處理也是氣候模式最棘手問題[16]。雲依據位置、厚度及含水量對溫度具有正反迴饋機制。此外，大氣及地表水氣或水氣含量也影響雲的形成及變化等，雲更直接影響降雨量及光照強度，因此就GCM的輸出值對於地域性較強之降雨或光照強度預測度偏低。

影響水稻產量的氣象因素，根據以往作物產量模式研究及氣象災害統計而言，光照強度和降雨量是影響水稻生產的主要氣象因素[5, 2]。圖5為光照強度及降雨量之氣候敏感度分析，兩種氣象因素以倍數方式表示，1為目前觀測值，光照強度由0.7至1.3倍，雨量則由0.2至5倍，由不同增減倍數進行敏感度分析。以1998年為例，光照強度增加30％，產量增加20％，增加幅度較CO_2濃度加倍所導致增產相近。1995年二期作之輻射量為1402 MJ/m^2，介於1993及1998年之間，但隨光照強度增加反而有減產現象，顯然光照強度的增加若沒有其他氣象因素相互配合，則反而引起其他逆境，由於1995年一期作雨量僅279公厘，為8年內少雨的年份，若將雨量增加3倍，則產量便隨光照強度增加而增加(資料未顯示)。

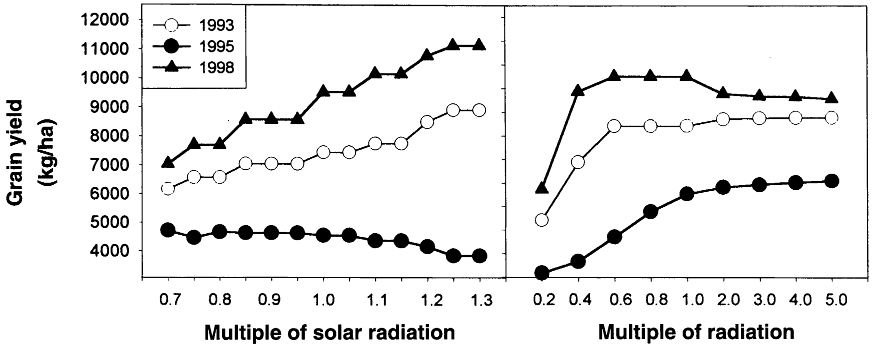


圖5. 利用DSSAT模式模擬不同倍數之太陽輻射量及雨量對水稻穀粒產量之敏感度分析。

Fig. 5 The sensitivity analysis for the grain yield of rice with different multiple of solar radiation and rainfall by DSSAT model simulation.

雨量由於CV值極大，因此所選擇的倍數也較大，由0.2至5.0倍，由三個年度的一期作敏感度分析結果可發現，雨量至某一定值後則再多的雨量也不影響產量，1993及1998年在0.6倍時即達穩定，1995年則在3倍時達到，將當年實際降雨量乘以該倍數，則雨量在600-800公厘間，雨量即不會成為產量形成的限制因子（圖5）。作物模式本身除預測正常天氣狀況之產量外，也應包括對於作物生長過程中所遭遇之逆境模擬與評估。在我國稻作生產之氣象災害以雨害（有時和強風共同為害）最為嚴重，雨害造成生長受阻、葉片光合作用下降、花粉活力喪失、倒伏及產量減少[4]。本研究模擬降雨僅以天然

降雨作爲水稻生產的唯一水份來源，主要探討雨害所造成生長的影響，而非僅以稻田水份供給爲研究目的，因我國水利設施相當便利，除一期作插秧期會遭遇缺水外，其他生育期及二期作水稻田用水以灌溉爲主，若遇梅雨或颱風所帶來雨量較少時，則以休耕方式因應，因此就已種植之水稻而言，探討缺水較無意義。但另一方面，一期作生育後期及二期作常遭遇降雨害的問題，尤其是颱風所帶來豐沛雨量，同時配合強風對稻桿折斷或成熟期倒伏皆會使產量大幅減少。由DSSAT將1993及1998年雨量提高5倍對產量卻無影響，若以實際雨量乘以5倍即高達5000公厘的降雨量，如此雨量水稻恐怕無法存活，因此，DSSAT對於多雨的逆境並未加以考慮。模式中生理參數是由試驗結果統計分析而來，作物在生育過程中遭過的逆境甚多，若沒有更廣泛的生理研究，對較爲極端氣候環境的產量預測能力降低。

氣候研究和生物研究最大不同點在於無重複性，在某一點所測的資料不會有所謂“再現性”，因再重複測試時，測定環境及時間皆改變，某一測值僅代表觀測當時的情景。因此，氣候的研究常借助“模式”的建立及分析，以達到對氣候災變或現象的瞭解。依不同研究領域分別有多種模式的建立，例如颱風預測模式、污染物擴散模式或邊界層模式等。表4爲靠近台中地區網格的GCM模式輸出值，在二倍CO_2濃度下一、二期作生育時期及全年之預測值。二倍CO_2濃度時氣溫將增加2-4℃，三種模式相差將近1℃；雨量方面除GFDL模式預測一期作有些微下降外，其餘皆是增加情形，增加量約爲20％；太陽輻射量則較爲一致，增加1-8％間。

表4. 大氣環流模式所預測氣候變遷情景下水稻期作之氣溫、降雨量及太陽輻射量預測值

Table 4. Average seasonal changes in temperature, precipitation and solar radiation under the global climate model (GCM) climate change scenarios

	Temperature change			Precipitation change			Solar radiation change		
	1st crop[Z]	2nd crop	annual	1st crop	2nd crop	annual	1st crop	2nd crop	annual
	----------℃-------------			-------multiple-------			-------multiple-------		
GISS[Y]	3.83	3.59	3.50	1.20	1.17	1.12	1.03	1.03	1.03
GFDL	3.03	2.67	2.93	0.99	1.18	1.06	1.08	1.08	1.07
UKMO	2.78	2.69	2.70	1.36	1.20	1.14	1.03	1.01	1.03

[Z]1st crop=March, April, May and June; 2nd crop = August, September, October and November.

[Y]GISS; Goddard institute for space studies; GFDL, Geophysical fluid dynamics laboratory, UKMO; United Kingdom meteorological office.

目前對於氣候變遷衝擊的評估仍處於試驗階段[30]，除了氣候本身的不確定性外，在時間和空間上的差異仍有許多問題尚未解決，易言之，人類對氣候改變的規律仍不十分清楚，因此在評估上則顯得異常困難，所以IPCC在作任何預測或下結論時皆十分謹慎。“氣候”一詞根據國際氣象組織 (world meteorology organization, WMO) 的定義是至少30年以上之氣象平均值，氣候預測較穩定。作物模式適用性評估需有實測資料作爲驗證，本研究利用農業試驗所八年田間資料作分析，以預測未來氣候變遷下該地區水稻產量，就資料量而論略顯不足，但要在同一塊土地且相同田間管理收集30年產量資料並不容易，過去有所謂全國性“水稻豐歉試驗”，不過隨人員及組織更替，資料並不完整。雖然在資料上有所不足，但本研究主要強調在氣候變遷評估程序及方法利用上。圖6是兩種遺傳特性及期作環境在未來兩倍CO_2下台中地區水稻產量預測值，以1992-1999八年的平均產量當作基準值，就秈稉稻的遺傳特性而論，除稉稻台農67號在二期作GISS預測有些爲下降 (-1.5％) 外，兩品種的反應大致是相同，產量皆呈略爲增加趨勢，尤其一期作增加較明顯，大約5-7％，二期作3％。一期作增加幅度較大

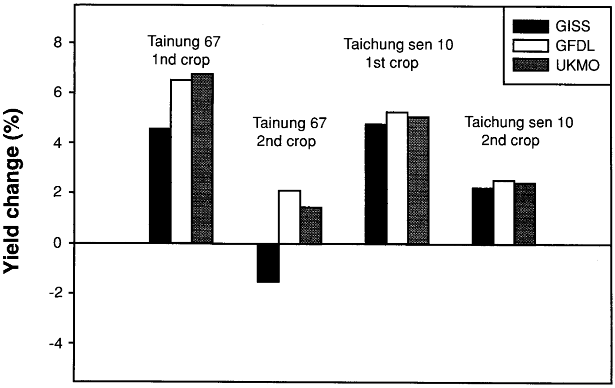


圖6. 利用DSSAT模式模擬不同倍數之太陽輻射量及雨量對水稻穀粒產量之敏感度分析。

Fig. 6 Simulated changes in rice yield under model of Goddard institute for space studies(GISS), Geophysical fluid dynamics laboratory(GFDL), and United Kingdom meteorological office (UKMO) climate change. Yield changes are expressed as percentage of change from yields simulated under base climate and current agricultural practices.

原因，可能是增溫結果減少水稻苗期低溫的生長障礙。綜合期作及品種的結果，未來在二倍CO_2時台中地區水稻產量的預測值，GISS爲+2.5 %，GFDL爲4.2 %，UKMO爲4.0 %。

結　論

當前農業研究方向應以解決本土所發生農業問題及提出因應對策爲要務，並且能以簡單明瞭數值化方式表達給農民或決策者瞭解。模式可綜合各方面研究成果，對各種氣候變遷衝擊提供確切數據(尤其是產量)，以利於因應對策擬定。作物模式依據模式架構可概略分爲簡易 (simple) 或機制性(mechanism)兩種。簡易模式優點是容易理解、輸入值少及容易使用等，但常受限於對環境因素回饋作用的解析能力低，也限制品種遺傳性及生理變化的反應能力，無法提供機率訊息作爲評估風險(risk)，因此在探討氣候變化爲主的議題上常顯不足；本研究所使用DSSAT屬機制性模式，較能探討基因型和環境的交感，包括因素間迴饋控制，和控制栽培管理環境的變數。但對水稻產量的預測值和田間實測值的決定係數不高，約爲0.6-0.7間，主要是此類模式需輸入較多資料，有些輸入值在田間很難取得資料，僅能由預設值去取代所缺之訊息，這常會降低預測能力。因此對於產量影響較大之參數，應有更多的田間實測值當作輸入值，同時一些生理逆境（如降水害）需有更精細的試驗數據，才能提高模式對於逆境的預測能力。

一般而言，氣候變遷預測是以達到二倍CO_2時之氣候做評估，依據估算約至2050年才會達到，面對50年後並且是非常複雜的問題，若要求預測的準確度並不切實際，應探討氣候對農作物生產影響趨勢“trend”較爲可信。台中地區水稻生產依據研究結果應呈小幅增產趨勢。

誌　謝

本研究承行政院農業委員會經費補助（88科技-1.1-糧-13）特申謝忱。

引用文獻

1. 孔震成。1989。長期氣象預測在作物產量預測之應用。台灣地區農業氣象資源研討會專輯。201-215。

2. 李蒼郎。1990。氣象因子對水稻產量構成因素之影響及產量估計模式。國立中興大學農藝所碩士論文。
3. 姚銘輝、盧虎生、朱鈞。1999。台灣地區日溫差之分析。中華農學會報。188: 32-46。
4. 姚銘輝、盧虎生、朱鈞。1999。作物遭受降雨之生理反應。科學農業。47: 97-100。
5. 郭文鑠、曾文柄、楊之遠、鄭淑賢。1980。台灣地區氣象因子與水稻產量預測模式之初步研究。氣象學報。26: 71-79。
6. Baker, J.T., L.H. Allen, and K.J. Boote. 1995. Potential climate change effects on rice : carbon dioxide and temperature. pp 31-50. *In* Rosenzweig, C., L.H. Allen, S.E. Hollinger and J.W. Jones. Climate Change and Agriculture: Analysis of Potential International Impact. American Society of Agronomy. ASA special publication No.59. Madison. WI.
7. Bryant, J., G. Taylor, and M. Frehner. 1998. Photosynthetic acclimation to elevated CO_2 is modified by source:sink balance in three component species of chalk grassland swards grown in a free air carbon dioxide enrichment (FACE) experiment. Plant, Cell & Environ. 21: 159-168.
8. Chipanshi, A.C., E.A. Ripley, and R.G. Lawford. 1999. Large-scale simulation of wheat yields in a semi-arid environment using a crop-growth model. Agric. Sys. 59: 57-66.
9. Drake, B.G. and M.A. Gonzalez-Meler. 1997. More efficient plants: a consequence of rising atmospheric CO_2? Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 48: 609-639.
10. Hansen, J., I. Fung, A. Lacis, S. Lebedeff, D. Rind, R. Ruedy, G. Russell, and P. Stone. 1988. Global climate changes as forecast by the GISS 3-D model. J. Geophys. Res. 98: 9341-9364.
11. Hunt, L.A., S. Pararajasingham, J.W. Jones, G. Hoogenboom, D.T. Imamura, and R.M. Ogoshi. 1993. GENCALC-Software to faciliate use of crop model for analyzing field experiment. Agron. J. 85: 1090-1094.
12. International Panel on Climate Change (IPCC). 1995. Climate Change 1995. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 572pp.
13. Jansen, D.M. 1990. Potential rice yields in future weather conditions in different parts of Asia. Neth. J. Agric. Sci. 38: 661-680.
14. King , A.W., W.M. Post, and S.D. Wullschleger. 1997. The potential response of terrestrial carbon storage to changes in climate and atmospheric CO_2. Climate Change 35: 199-227.
15. Lee, J.J., D.L. Phillips, and R.F. Dodson. 1996. Sensitivity of the US corn belt to climate change and elevated CO_2 II. Soil erosion and organic carbon. Agri. Sys. 52: 503-521.
16. Mahlman, J. D. 1997. Uncertainties in projections of human-caused climate warming. Science 278: 1416-1417.
17. Manabe, S., and R.T. Wetherald. 1987. Large-scale changes in soil wetness induced by an increase in CO_2. J. Atoms. Sci. 44: 1211-1235.
18. Matsui, T., K. Omasa, and T. Horie. 1997. High temperature-induced spikelet sterility of japonica rice at flowering in relation to air temperature, humidity and wind velocity conditions. Jpn. J. Crop Sci. 66: 449-455.
19. Matsushima, S., T. Tanaka, and T. Hoshino. 1964. Analysis of yield determining process and its application to yield prediction and culture improvement of lowland rice. IXX Combined effect of air temperature and water temperature at different stages of growth on the grain yield and its components of lowland rice. Proc. Crop Sci. Soc. Jpn. 33: 53-58.
20. Matthews, R.B., M.J. Kropff. T. Horie, and D. Bachelet. 1997. Simulating the impact of climate change on rice production in Asia and evaluating options for adaptation. Agri. Sys. 54: 399-425.
21. Monteith, J.L. 1981. Climatic variation and growth of crop. Q.J.R. Meteorol. Sci. 107: 749-774.
22. Nishiyama, I. 1976. Effects of temperature on the vegetative growth of rice plants. pp. 159-185. *In* Climate and Rice. Int. Rice Res. Inst. Los Banos, Philippines.
23. Pearce, F. 1997. Greenhouse wars. New Scientist 2091: 38-54.
24. Ramanathan, V., R.D. Cess, E.F. Harrison, P. Minnis, B.R. Barkstrom, E. Ahmad, and D. Hartmann. 1989. Cloud radiation forcing and climate: Results from the earth radiation budget experiment. Science 243: 57-63.
25. Rosenzweig, C., J. Phillips, R. Goldberg, J. Carroll, and T. Hodges. 1996. Potential impact of climate change on citrus and potato production in the US. Agri. Sys. 52: 455-479.
26. Rosenzweig, C., M.L. Parry, G. Fischer, and K. Frohberg. 1993. Climate change and world food supply. Research Report No.3. Environmental Change Units, University of Oxford, UK.
27. Rotty, R.M., and G. Marland. 1986. Fossil fuel combustion: Recent amounts, patterns, and trends of CO_2. pp.474-490. *In*

Trabalka, J.R. and Reichle, D.E. (ed.) The changing carbon cycle: A global analysis. Springer-Verlag, New York.

28. Sinclair, T.R., and S.L. Rawlins. 1993. Inter-seasonal variation in soybean and maize yield under global environment change. Agron. J. 85: 406-409.
29. Smit, B.D., M.C. Nabb, and J. Smithers. 1996. Agricultural adaptation to climate variation. Climate Change 33: 7-29.
30. Soloman, A.M., and R. Leeman. 1990. Climate change and landscape ecological responses: Issues and analysis. pp.293-316. *In* Landscape Ecological Impact of Climate Change, ed. Boer, M.M. and R.S. de Groot. IOS Press, Amsterdam.
31. Terrell, A.B., and S. Geng. 1995. The effects of climate change on United States rice yield and California wheat yield. pp.183. *In* Climate Change and Agriculture:Analysis of Potential International Impact. eds. ASA Special Publication no. 59.
32. Tolbert, N.E. 1997. The C_2 oxidative photosynthetic carbon cycle. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 48: 1-25.
33. Tubiello, F.N., C. Rosenzweig, B.A. Kimball, P.J. Jr. Pinter, G.W. Wall, D.J. Hunsaker, R.L. LaMore, and R.L. Garcia. 1999. Testing CERES-Wheat with free-air carbon dioxide enrichment (FACE) experiment data : CO_2 and water interaction. Agron. J. 91: 247-255.
34. Vu, J.C.V., L.H. Allen, JR. K.J. Boote, and G. Bowes. 1997. Effects of elevated CO_2 and temperature on photosynthesis and Rubisco in rice and soybean. Plant Cell and Environ. 20: 68-76.
35. Wetherald, R.T., and S. Manbe. 1988. Cloud feedback processes in a general circulation model. J. Atmos. Sci. 45: 1399-1415.
36. Wilson, C.A., and J.F.B. Mitchell. 1987. A doubled CO_2 climate sensitivity experiment with a global climate model including a simple ocean. J. Geophys. Res. 92: 13315- 13343.
37. Yoshida, S., and F.T. Parao. 1976. Climatic influences on yield and yield components of lowland rice in the tropics. pp. 471-494. *In* Climate and Rice. Int. Rice Res. Inst. Los Banos, Philippines.
38. Yoshino, M.M., T. Horie, H. Seino, H. Tsujii, T. Uchijima, and Z. Uchijima. 1988. The effects of climate variations on agriculture in Japan. pp. 725-865. In The impact of climate variation on agriculture. Vol 1:Assessment in cool temperate and cold regions, ed. Parry, M.L., T.R. Carter and N.Y. Konijn. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

The Applicability of DSSAT Model to Predict the Production of Rice and to Evaluate the Impact of Climate Change[1]

Ming-Hwi Yao[2], Huu-Shen Lur[3], Chun Chu[3] and Jin-Chuan Tsai[2]

Summary

For agriculture production, climate must be managed both, as a resource to be used wisely on the one hand, and a hazard to be dealt with on the other. Concentration of atmospheric CO_2 has increased from about 280 to 350 ppm in the last 200 year and has increased rapidly from 315 to 350 ppm during the past 35 year along with other "greenhouse" trace gases. Increased CO_2 concentration can affect plant growth due to directly stimulation of photosynthesis. These physiological responses known as" CO_2-fertilization effects" can produce larger and more vigorous plant as well as higher yield of total dry matter. In addition, elevated CO_2 can also affect plant growth indirectly through alteration of climatic factors such as temperature and precipitation. For this reason, it is very important to understand the impact of climate change on agriculture. Because rice is one of the most important grain crops in Taiwan, it is important to understand the impact of weather and climate change on rice production. In this study DSSAT(Decision support system for agrotechnology transfer) rice model and GCM (General circulation model) were combined to predict the production of rice and to evaluate of climate change. In addition, the sensitivity analysis simulation was used to demonstrate the effect of change in each weather variable alone on rice yield performance. The result showed an increase in CO_2 level could increase yields while an increase in temperature would reduced yields. Rice production in Taichung region was predicted by the DSSAT model to change by +2.5, +4.2 and +4.0% under the GFDL, GISS and UKMO 2*CO_2 scenarios, respectively.

Key words：Climate change, Greenhouse effect, CO_2 fertilization effect, General circulation model.

---

1. Contribution No.2041 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.
2. Respectively, Assistant and Associate Researcher, Department of Agricultural Engineering, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3.Professor, Department of Agronomy, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(4): 29～38 (2000)

湖北貝母組織培養之研究

I.不同來源培植體誘導鱗片及胚狀化癒合組織之形成[1]

蕭翌柱[2]　戴宗德[3]　陳忠川[3]　蔡新聲[2]

摘要：貝母首載于神農本草經，列入草部中品，歷代諸家本草均有著錄。湖北貝母為百合科多年生草本植物，多以地下鱗莖入藥，為重要且廣泛使用的中藥，歷年來多採用傳統之鱗莖無性繁殖，但繁殖係數與產量皆低，故常有藥源短缺，不敷醫療所需之虞，為求改善此一問題，本研究乃進行湖北貝母組織培養，期能大量繁殖種苗，縮短生育週期，以供應國人藥用之需。結果顯示，將湖北貝母之葉片、莖段基部、鱗片及芽球相似體(Protocorm-like-body, PLB)等四種培植體，培養於含MS基本鹽類並添加0.5 mg/l BA之培養基中60天，鱗片培植體可獲得54.7%再生鱗片誘導率最佳，且褐化死亡率較少；但每個培植體形成新鱗片數目則以莖段基部平均5.6個最佳；擬胚化癒合組織之誘導則以PLB及莖段基部的36.1%及30.6%較佳。另將鱗片和莖段基部培植體培養於添加0.5 mg/l BA配合0.25-4.0 mg/l NAA的培養基中，則分別有62-78%及68-72%的再生鱗片誘導率，顯示鱗片和莖段基部可能較適於誘導新鱗片再生。此外，培植體和新根系之誘導也以莖段基部培植體培養於含0.5 mg/l BA和4.0 mg/l NAA之MS培養基較佳。

關鍵詞：湖北貝母、芽球相似體、組織培養、大量繁殖。

前　　言

貝母首載于神農本草經，列入草部中品，梁陶弘景(西元452-536)曰：「形如聚貝子，故名貝母」，歷代諸家本草，如本草綱目及綱目拾遺等均有著錄，並有莔(爾雅音萌)、勤母、苦菜、苦花、空草、貝父及藥實等別名，在藥物配伍上則以厚朴、白微為使；畏秦艽；反烏頭[5, 9, 10]。本草綱目以前的醫藥文獻對於貝母來源並未有明確分類，直到明倪朱謨所著本草匯言始有「川貝為妙」之說；清吳儀洛本草從新一書始列「象貝母」和「土貝母」。近代大陸地區按藥用習慣常將貝母概分為浙貝和川貝兩大類，浙貝苦寒，性利能化堅痰，主產於浙江省象山地區；川貝補氣利痰，虛咳者宜之，主要由雲南、四川二省所出，可再細分為松貝、青貝和爐貝三種，其中又以松貝粒小緊實最為珍貴。此外，尚有產於天山山脈的新疆貝母及出自河南、陝西等地，具有散結毒、消癰腫之土貝母等[2]。

近年來為廣泛收集貝母屬(*Fritillaria*)基源植物並擴大藥材來源，在湖北省西部和四川東部發展出一種湖北貝母(*Fritillaria hapehensis* Hsiao *et* K.C.Hsia)又名板貝，可視為川貝之一種，其中尤以湖北恩施州所產者，與窯歸(*Angelica sinensis*)、板黨(*Codonopsis pilosula*)、紫油厚朴(*Magnolia officinalia*)、雞

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2042號。

2.本所農藝系助理、研究員。台灣省　台中縣　霧峰鄉。

3.中國醫藥學院藥學研究所前研究生、副教授。台灣省　台中市。

爪連(*Coptis chinensis*)、香獨活(*Angelicapubescens*)、五鶴續斷(*Dipsacus asper*)、皺皮木瓜(*Chaenomeleslagenaria*)、川丹皮(*Paeonia suffruticosa*)和絲綿皮(*Eucommiaulmoides*)，並稱該州十種珍貴的地道藥材[3]。湖北貝母爲百合科多年生草本植物，多以地下鱗莖入藥，爲重要且廣泛使用的中藥，歷年來多採用傳統之鱗莖無性繁殖，但繁殖係數與產量皆低，而且用種量大、抗病虫能力弱；雖然大陸方面已研究採用能自花授粉的利川貝母(*F. lichunensis* P. Li *et* C. P. Yang spnou)爲父本，進行雜交後代選育[1]，然而用雜交種子播種繁殖需4-5年生育期，雜交子代所含藥用成分尚需鑑定分析，故常有藥源短缺，不敷醫療所需之虞，部份地區更有以麗山江慈菇、葫蘆科假貝母等贋品混充，這些僞品不但不具療效，且常延誤病情，甚者更引起中毒，戕害患者健康至鉅。雖然大陸地區多年來積極進行貝母屬藥材之開發及繁殖研究，並已成功利用組織培養技術誘導出包括太白貝母、中華貝母(*F. sinica* S. C. Chen)、浙貝母(*F. thunbergii*)、暗紫貝母和川貝母之癒合組織、再生鱗片和體胚培養[4,11,13,15,16]，但有關湖北貝母之組織培養研究尚付之闕如，本試驗即在進行此一重要藥用植物繁殖技術之開發，期能大量繁殖種苗，縮短生育週期，以供應國人藥用之需。

材料與方法

一、材料

本研究使用之材料，係由四川中醫學院提供之湖北貝母，其鱗片經培養後，形成無菌帶小鱗片之芽球相似體(protocorm like body, PLB)。切取含2-3個小鱗片之PLB團塊，預培養在含MS基本鹽類[27]並添加0.5 mg/l benzylaminopurine (BA)及1 mg/l α-naphthaleneacetic acid (NAA)之固體培養基中，待長出帶莖葉之小鱗莖時，供試驗之用。

二、方法

(一)不同部位培植體之採取

分別切下葉片、小鱗莖及PLB，培養在如上述相同組成份之液體培養基中，經三週培養後，莖葉、小鱗莖及PLB生長迅速，此時切取葉片(5mm × 7mm)、莖段基部(5mm × 5mm)、小鱗片(5mm × 5mm)及PLB(5mm × 5mm)爲供試材料。

(二)培養基組成份及配製

本試驗所用之培養基，以MS基本鹽類爲主要成份，並添加auxin類如NAA、2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)及cytokinin類如BA、kinetin等植物生長調節劑，其使用濃度如表1-5所示。此外添加0.9% Difco agar及3%蔗糖。培養基在加入Difco agar煮融前，先用0.1-1N之NaOH或HCl水溶液，調整pH值爲5.7±0.1，每支直徑2.2cm的試管中分裝10 ml培養基，經鋁箔紙封口再以121℃、1.05 kg/cm^{2}之高溫高壓滅菌15分鐘後，擺成斜面放冷備用。

(三)培養環境及試驗分析

以上試驗之調查結果，係採用二項分佈(binomial distribution) 95%信賴區間(confidence limits)檢定處理間之差異；或以least significant difference (LSD 5%) test 檢定之。上述各項試驗中培植體置於溫度24℃的暗櫃或光照12 hr、光照強度2500～3000 lux環境下培養。

結　果

一、BA對湖北貝母不同部位培植體形成幼嫩鱗片與擬胚化癒合組織之影響

將葉片、莖段基部、小鱗片及PLB等湖北貝母不同部位培植體，分別培養在含0.5 mg/l BA之MS培養基中60天，結果有93.3%的葉片產生褐化死亡現象(表1)；莖段基部和小鱗片的褐化率分別爲31.8%、24.3%，與前者比較已有顯著降低之趨勢；PLB培植體培養後產生褐化死亡比率最低，僅有12.3%。此外，在調查不同部位培植體誘導產生新鱗片的比率及個數方面，以莖段基部和小鱗片兩種

培植體的誘發比率最高，分別達到42.6%及54.7%，平均誘發新鱗片數有5.6和3.6個；PLB培植體誘發產生新鱗片比率則爲32.9%，平均誘發新鱗片數有2.9個；至於由葉片培植體誘發產生新鱗片的比率則顯著低於前述三種，僅有6.1%而已。在擬胚化癒合組織(embryogenic callus)的誘導結果則顯示，由PLB和莖段基部培植體之誘導率分別爲36.1%及30.6%，顯著高於由小鱗片和葉片培植體誘導產生之22.1%與1.5%。

表1. 湖北貝母不同部位培植體形成幼嫩鱗片與胚狀化癒合組織之影響[z]

Table 1. Formation of bulbscales and embryogenic callus from different explants of *F. hupehensis*[z]

Explants	Browning	Bulbscale induced		Embryogenic callus induced
	(%)	(%)	Average No.±SE	(%)
Leaf	93.3a[x]	6.1c	3.5±1.5	1.5c
Stem base	31.8b	42.6ab	5.6±0.3	30.6a
Bulb	24.3bc	54.7a	3.6±0.2	22.1b
PLB[y]	12.3c	32.9b	2.9±0.3	36.1a

[z] Data from three independent experiments, each with 10 explants per treatment.

Data obtained from explants were cultured for 60 days.

Culture medium ： MS basic salts with 0.5 mg/l BA, 3% sucrose and 0.9% Difco agar, pH = 5.7.

[y] Protocorm-like-body.

[x] Means followed by the same letter in the same column are not significantly different at 5%level by least significant difference (LSD) test.

二、培養基添加BA和不同濃度NAA對湖北貝母莖段基部培植體生育之影響

將湖北貝母莖段基部培植體培養在含MS基本鹽類並添加0.5 mg/l BA及不同濃度NAA(0.1、0.25、0.5、1、2、4 mg/l)之培養基中60天，結果如表2所示，當培養基中NAA濃度在0.25-4 mg/l時，約有68-72%的供試培植體能形成新鱗片，明顯高於僅含0.1 mg/l 低濃度NAA之處理組。在誘導擬胚化癒合組織產生方面，則以培養基添加0.5 mg/l BA配合4 mg/l NAA之50%誘導率較佳；NAA濃度在0.1-2 mg/l之各處理組，擬胚化癒合組織誘導率僅達18-34%。至於培植體誘導新根系的形成比率，也以培養基添加0.5 mg/l BA配合4 mg/l NAA之58%誘導率較佳，略高於其他處理組之18-32%誘導率。

三、培養基添加BA和不同濃度NAA對湖北貝母小鱗片培植體生育之影響

將湖北貝母小鱗片培植體培養在含MS基本鹽類並添加0.5 mg/l BA及不同濃度NAA(0.1、0.25、0.5、1、2、4 mg/l)之培養基中60天，結果如表3所示，當培養基中添加0.5 mg/l BA配合0.5 mg/l NAA時，最高約有78%的供試培植體能形成新鱗片，其它處理組之誘導率也有62-72%，差異不明顯。在誘導擬胚化癒合組織產生方面，各處理組間的差異也不明顯，誘導率約爲28-34%。至於培植體誘導新根系的形成比率，則以培養基添加0.5 mg/l BA配合4 mg/l NAA之42%誘導率較佳，略高於添加0.5 mg/l BA配合2 mg/l NAA處理組之34%，也高於其它處理組之16-24%誘導率。

四、培養基添加BA和不同濃度NAA對湖北貝母PLB培植體生育之影響

將湖北貝母PLB培植體培養在含MS基本鹽類並添加0.5 mg/l BA及不同濃度NAA(0.1、0.25、0.5、1、2、4 mg/l)之培養基中60天，結果如表4所示，當培養基中NAA濃度在0.5-2 mg/l時，約有34-38%的供試培植體能形成新鱗片，略高於含0.1或0.25 mg/l 低濃度NAA誘導率分別爲22%和24%之處理組，NAA濃度在4 mg/l時，僅有18%的培植體能形成新鱗片，誘導比率最低。在誘導擬胚化癒合組織產生方面，各處理組間的差異並不明顯，誘導率約爲24-38%，其中又以培養基添加0.5 mg/l BA配合0.5 mg/l NAA之處理組誘導率較高。至於培植體誘導新根系的形成比率，則以培養基添加0.5 mg/l

BA配合2和4 mg/l NAA之誘導率較佳，分別爲36%及32%，高於添加0.5 mg/l BA配合0.1-1 mg/l NAA各處理組之14-22%誘導率。

五、培養基添加植物生長調節劑及暗培養對湖北貝母鱗片培植體生育之影響

將湖北貝母鱗片培植體培養於含MS基本鹽類並添加0.5 mg/l kinetin及配合不同濃度2,4-D和NAA之固體培養基中(表5)，經60天黑暗後調查結果，發現培養基同時添加0.5 mg/l kinetin及0.5-1 mg/l 2,4-D之處理組，有63.3-66.3%的供試培植體能形成新鱗片，形成之新鱗片平均數爲3.4和4.5個，略高於僅含0.5 mg/l kinetin對照組之43.3%與2.4個新鱗片平均數；培養基如添加8 mg/l 2,4-D，則僅有23.3%的供試培植體能形成新鱗片，形成之新鱗片平均數也只有1.6個。培養基同時添加0.5 mg/l kinetin及0.5-8 mg/l NAA之處理組，有50-56.7%的供試培植體能形成新鱗片，與對照組差異不明顯；但是，含有4 mg/l NAA之處理組其形成之新鱗片平均數最高爲5.8個，則優於對照組之2.4個。在誘導擬胚化癒合組織產生方面，不論培養基添加2,4-D或NAA之各處理組間的差異並不明顯，雖然培養基添加1 mg/l NAA配合0.5 mg/l kinetin之處理組誘導率30%略比對照組之16.7%高，但2,4-D濃度達4-8 mg/l之處理組，其擬胚化癒合組織誘導率僅有3.3-6.7%。至於培植體誘導新根系的形成比率，則以培養基添加0.5 mg/l kinetin配合4和8 mg/l NAA之誘導率較佳，分別爲53.3%及46.7%，高於對照組之6.7%；如添加0.5-8 mg/l 2,4-D之培養基，其誘導新根系的形成比率僅有3.3-10%。

討 論

利用如根、莖、葉、芽、子房、花粉或花藥等植物各部位器官或組織細胞作爲起始之培養材料，一般概稱爲培植體(explant)[7]。利用組織培養技術進行種苗大量繁殖之培養過程中某些培植體切口部位會產生類似淺褐色或深褐色的情況，通稱爲褐化現象(browning)，Ziv和Halevy認爲，發生此種異常現象的培植體通常率先褐化，然後其分泌釋放出的物質會擴散到培養基中，情形嚴重時甚致造成組織死亡[32]。在常見的情形下產生褐化的部位大多集中在切口或傷口處[19,20]，而且不論在癒合組織或試管苗都有可能發生。植物組織產生褐化現象之主要目的即在癒傷與抗菌，當植物受到傷害時，自體會傳遞一些訊息並隨即啓動氧化酵素的活性以進行生化反應之催化作用，且產生之二次代謝物質逐漸蓄積於傷口處，除了能避免汁液持續流出外，並具有防止病原菌感染的作用，而此種分泌物質大多爲酚類化合物(phenolic compounds)，此亦是造成傷口處褐化之主要來源[22,26]。培植體產生褐化現象有可能是單一或多因子作用下產生的結果，在物理性的影響因子如光照強度、光週期與光質[21,24]、溫度[6]、傷口面積[28]、培植體的種類及狀態[19,23]；化學性的影響因子則有生長調節劑種類[18,31]、鹽類濃度[14]和酸鹼值[17]。由表1結果顯示，湖北貝母各部位培植體中褐化率最高者爲葉片，次爲莖段基部，而鱗片與PLB則有較低之褐化率，此可能與葉片部位含有較高的酚類化合物有關；此外，試驗進行時雖然葉片褐化率高達93.3%，但仍有一些葉片培植體可長出幼嫩鱗片，根據觀察，這些長出幼嫩鱗片之葉片培植體乃含有少許葉柄部分，而此靠近葉片之葉柄部位具有分生能力，可發育形成幼嫩鱗片而不致褐化，Kukulczanka等人也曾研究指出，以*Peperomia scandens*近葉柄端之葉片爲培植體時，芽體分化能力較強，且以葉片近葉柄連接處最先誘導出芽體，顯示此區可能含較高的內生生長素因而較具分生能力[25]。

在進行植物組織培養時，常於培養基中添加不同種類及濃度的生長調節劑，藉以促進培植體生長與分化，現今使用較頻繁者多屬於auxin類(如NAA, 2,4-D)和cytokinin類(如BA, kinetin)，據Tsay等研究，上述兩類生長調節劑組成比例，會影響半夏珠芽所形成芽球類似體(PLB)之分化能力，當auxin含量較高時，有促進PLB大量繁殖或發根的作用；如cytokinin含量較高時，則促進PLB分化形成芽體[29]。Vuylsteke 和Langhe曾在培養基中添加10 μM BA以促進香蕉與芭蕉不定芽莖頂分生組織的增殖，但在誘導莖節再生時則建議降低BA含量至1 μM並配合1 μM IAA[30]。金花石蒜的鱗片組織培養，需先

預培養於黑暗處三個月，待產生白色膨大組織後，再用已添加30 mg/l NAA及30 mg/l BA之培養基誘導不定芽分化；如改以添加0.3-10 mg/l 2,4-D之培養基培養，則易產生呈透明水浸狀之癒合組織[12]。高氏(1996)曾歸納整理眾多學者研究報告指出，適當濃度的auxin可促進切離根與完整根之生長，而cytokinins能抑制根之生長，尤其是當根生長於黑暗狀況下時作用更明顯，其原因是由於降低了根內auxin含量的緣故[8]。劉和王(1996)曾報導利用含MS基本鹽類培養基並添加1 mg/l NAA、6 mg/l BA的培養基，成功誘導出93%太白貝母之癒合組織及再生鱗片[15]。張和楊(1995)也曾以中華貝母初萌幼莖作爲培植體，分別以添加不同濃度之NAA、2,4-D、BA及kinetin之培養基做初代培養；以添加1 mg/l NAA與5 mg/l BA之MS培養基做繼代培養，並進行再生小鱗莖、器官分化和體胚形成之研究[13]。蘇(1995)則將浙貝母種胚培養於添加了1 mg/l 2,4-D、0.5 mg/l BA及300 mg/l水解酪蛋白之MS培養基，成功誘導出小鱗莖和正常植株[16]。此外，暗紫貝母鱗莖再生技術之開發以及川貝母再生鱗片之培養，皆已獲致相當的成果，並且證實經組織培養獲得的培植體總生物鹼含量，可達原種及市售川貝母之2-4倍，且與原種鱗莖之游離全蛋白圖譜完全一致[4,11]。本研究表1也顯示，在MS培養基中添加0.5 mg/l BA時，以鱗片培植體誘導形成幼嫩小鱗片的能力最強，莖段基部與PLB次之；如取上述三種培植體，分別培養於添加0.5 mg/l BA和不同濃度NAA的培養基中，結果顯示，對莖段基部培植體而言，NAA濃度在0.25-4.0 mg/l時，有68-72%的再生鱗片誘導率(表2)；對鱗片培植體而言，NAA濃度在0.1-4.0 mg/l時，有62-78%的再生鱗片誘導率(表3)；但如以PLB培植體進行試驗，則培養基雖然添加0.1-4.0 mg/lNAA，最多仍只有38%的再生鱗片誘導率(表4)，因此，鱗片和莖段基部可能較適於誘導新鱗片再生。

表2. 培養基添加BA和NAA對湖北貝母莖段基部培植體生育之影響[z]

Table 2. Effects of BA and NAA in MS basal medium on growth of stem base segment of *F. hupehensis*[z]

BA	NAA	Bulbscale induced		Embryogenic callus induced		Root induced	
(mg/l)		%	95% CL[y]	%	95% CL[y]	%	95% CL[y]
0.5	0.1	42	28-57	18	9-31	18	9-31
0.5	0.25	70	56-82	18	9-31	26	15-41
0.5	0.5	68	54-80	24	13-38	22	12-36
0.5	1.0	72	57-84	34	21-48	22	12-36
0.5	2.0	70	56-82	26	15-41	32	20-46
0.5	4.0	72	57-84	50	36-64	58	43-72

[z] Cultured medium: Ms basic salts with different concentration of BA and NAA, 3% sucrose and 0.9% Difco agar, pH = 5.7. Sample size:50 segments per treatment.

[y] 95% confidence limits of binomial distribution.

表3. 培養基添加BA和NAA對湖北貝母鱗片培植體生育之影響[z]

Table 3. Effects of BA and NAA in MS basal medium on growth of bulb segment of *F. hupehensis*[z]

BA	NAA	Bulbscale induced		Embryogenic callus induced		Root induced	
(mg/l)		%	95% CL[y]	%	95% CL[y]	%	95% CL[y]
0.5	0.1	70	56-82	30	18-44	16	7-29
0.5	0.25	72	57-84	28	16-43	22	12-36
0.5	0.5	78	64-88	32	20-46	24	13-38
0.5	1.0	70	56-82	32	20-46	22	12-36
0.5	2.0	62	47-75	34	21-48	34	21-48
0.5	4.0	62	47-75	32	21-48	42	28-57

[z,y] Same as Table 2.

表4. 培養基添加BA和NAA對湖北貝母芽球相似體(PLB)生育之影響[z]

Table 4. Effects of BA and NAA in MS basal medium on growth of protocorm-like-body (PLB) of *F. hupehensis*[z]

BA	NAA	Bulbscale induced		Embryogenic callus induced		Root induced	
(mg/l)		%	95% CL[y]	%	95% CL[y]	%	95% CL[y]
0.5	0.1	22	12-36	34	21-48	14	6-27
0.5	0.25	24	13-38	24	13-38	16	7-29
0.5	0.5	36	23-50	38	25-53	22	12-36
0.5	1.0	38	25-53	32	20-46	20	10-34
0.5	2.0	34	21-48	28	16-43	36	23-50
0.5	4.0	18	9-31	28	16-43	32	20-46

[z,y] Same as Table 2.

此外，比較表2-4所提列有關擬胚化癒合組織和新根系之誘導產生方面，以莖段基部培植體培養於含0.5 mg/l BA和4.0 mg/l NAA 之MS培養基，能得到較高的誘導率。表5所示的結果，雖然分別以不同濃度2,4-D和NAA配合kinetin進行試驗，但不論是在誘導新鱗片再生或擬胚化癒合組織和新根系之誘導，效果似乎未盡理想。本試驗過程也觀察到湖北貝母接種約3週後，培植體有一些直接長出幼嫩鱗片，少數則形成擬胚化癒合組織，或是二者皆同時存在。有些擬胚化癒合組織會形成綠苗而長出幼嫩鱗片，此幼嫩鱗片有的可正常發育成正常植株(圖1)，但大部分則匍匐於擬胚化癒合組織之表面形成幼葉原基，雖然它們可以繼續生長成爲一片松針狀之葉子，但大多數之葉原基極性不太正常，形成之葉片難直立，僅能匍匐於癒合組織表面(圖2)。

表5. 培養基添加Auxin類植物生長調節劑及暗培養對湖北貝母鱗片培植體生育之影響[z]

Table 5. Effects of auxins in MS basal medium and under dark condition on growth of bulb segment of *F. hupehensis*[z]

BA	NAA	Bulbscale induced			Embryogenic callus induced		Root induced		
(mg/l)		%	95% CL[y]	Average No.[x]	%	95% CL[y]	%	95% CL[y]	Average No.[w]
0	0	43.3	25-63	2.4	16.7	6-35	6.7	1-22	2.0
0.5	0	63.3	44-80	3.4	10.0	2-27	10.0	2-27	1.0
1	0	66.7	47-83	4.5	16.7	6-35	3.3	0-17	2.0
2	0	46.7	28-66	5.3	10.0	2-27	6.7	1-22	1.3
4	0	53.3	34-72	3.7	3.3	0-17	10.0	2-27	1.5
8	0	23.3	10-43	1.6	6.7	1-22	10.0	2-27	1.7
0	0.5	50.0	31-69	3.4	13.3	4-31	16.7	6-35	3.0
0	1	53.3	34-72	2.3	30.0	15-50	36.7	20-56	2.2
0	2	56.7	37-75	4.4	23.3	10-43	36.7	20-56	4.8
0	4	56.7	37-75	5.8	23.3	10-43	53.3	34-72	3.2
0	8	56.7	37-75	2.7	23.3	10-43	46.7	28-66	4.7

[z] Cultured medium: MS basic salts with different concentration of auxins, 0.5 mg/l kinetin, 3% sucrose and 0.9% Difco agar, pH = 5.7.

Sample size:30 segments per treatment.

[y] 95% confidence limits of binomial distribution.

[x] Average No. = Total No. of bulbscales produced / No. of explant producing bulbscales

[w] Average No. = Total No. of roots produced / No. of explant producing roots

雖然本研究初步結果顯示利用湖北貝母之鱗片、莖基部及PLB在 0.5 mg/l BA配合適當濃度NAA的MS培養基誘導下，可使之形成多數芽體並達到大量繁殖湖北貝母之目的，但對於下列幾項要點，例如供試培養基對增重效果之影響；濕度條件對於培植體生育之影響；液態培養條件之檢討，以及對培植體繁殖倍率之調查等，仍有需要加強之處，如能將研究結果與現今應用廣泛之浙貝母市售品作進

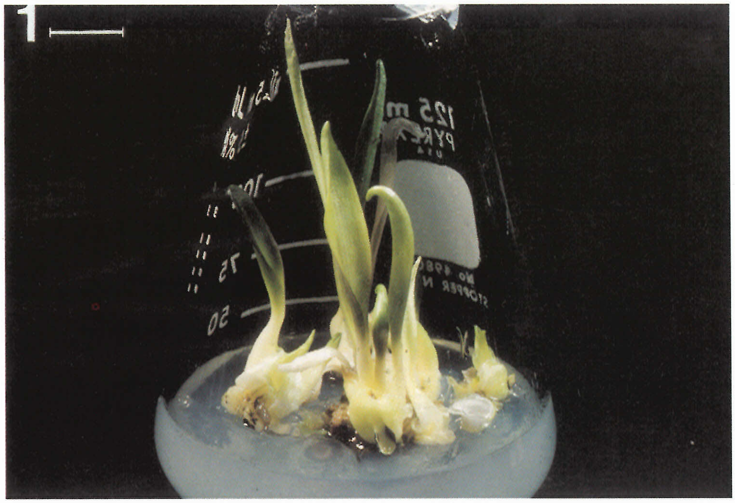


圖1. 湖北貝母鱗片培植體培養於含MS基本鹽類並添加0.5 mg/l BA、 0.5 mg/l NAA、3%蔗糖及0.9% Difco洋菜之培養基80天後，發育成植株形態。(比例尺＝1公分)

Fig. 1 The phenotypic appearance of *F. hupehensis* bulb segment cultured for 80 days on solid MS medium supplement with 0.5 mg/l BA, 0.5 mg/l NAA, 3% sucrose and 0.9% Difco agar. (Scale bar = 1 cm)

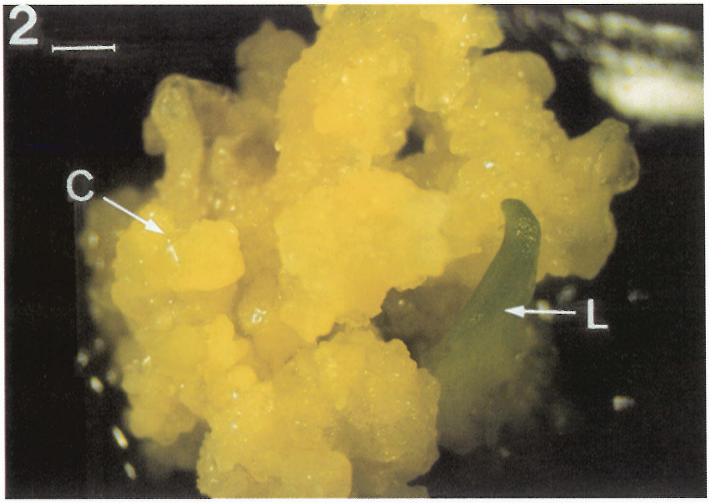


圖2. 湖北貝母芽球相似體(PLB)培養於含MS基本鹽類並添加0.5 mg/l BA、 0.5 mg/l NAA、3%蔗糖及0.9% Difco洋菜之培養基60天後，形成擬胚化癒合組織(C)及葉片(L)。(比例尺＝0.2公分)

Fig. 2 The embryogenic callus (C) and leaf (L) formation of *F. hupehensis* protocorm-like-body (PLB) segment cultured for 60 days on solid MS medium supplement with 0.5 mg/l BA, 0.5 mg/l NAA, 3% sucrose and 0.9% Difco agar. (Scale bar = 0.2 cm)

一步藥效、藥理之分析比較，相信更有學術上的應用價值，本單位將持續進行相關問題之探討研究。

誌 謝

本研究承行政院衛生署中醫藥委員會經費補助(CCMP86-RD-040)，謹此申謝。

引用文獻

1. 王芳、葉太志。1992。湖北貝母的有性雜交及繁殖試驗。時珍國藥研究3(1): 30-32。
2. 王煥華、儲農、倪惠珠。1998。苦花一貝母。中國藥話集。第50-54頁。旺文社出版。台北市。
3. 由金文。1995。恩施州十種地道藥材。中藥材18(1): 9-10。
4. 李隆雲、代敏。1995。暗紫貝母鱗莖再生組織培養技術研究。中國中藥雜誌20(2): 78-80。北京市。
5. 明李時珍原著。1974重刊。新校本草綱目(甘偉松增訂)。中冊卷13草部第59-61頁。宏業書局出版。台北市。
6. 易希道。1991。最新植物生理學。第170-175頁。環球書社出版。台北市。
7. 馬溯軒、許圳塗。1992。植物組織培養發展概況。園藝作物組織培養實用技術。第11-13頁。豐年社出版。台北市。
8. 高景輝。1996。植物生長與分化。第335-338頁。國立編譯館主編。台北市。
9. 清汪訒庵原著。1994重刊。新版本草備要(文光醫學叢書編輯委員會編輯)。第64-66頁。文光公司出版。台北市。
10. 清趙學敏原著。1978重刊。本草綱目拾遺。卷5草部下第139頁。旋風出版社出版。台北市。
11. 陳敏、鍾鳳林。1995。川貝母組織培養的研究。中國中藥雜誌20(8): 461-462。北京市。
12. 黃麗春、劉定明。1992。金花石蒜的組織培養。園藝作物組織培養實用技術。第116-120頁。豐年社出版。台北市。
13. 張浩、楊亮先。1995。中華貝母幼莖培養及器官與體細胞胚的發生。華西醫科大學學報26(1): 33-37。成都市。
14. 蔡佩君。1993。澳洲胡桃莖頂組織培養之研究。國立中興大學園藝研究所碩士論文。第33-36頁。台中市。
15. 劉玉紅、王淑強。1996。太白貝母的快速繁殖試驗。中國中藥雜誌21(1): 15-17。北京市。
16. 蘇新。1995。浙貝母種胚的離體培養。中藥材18(2): 62-63。廣州市。
17. Arora, S. K. 1969. Browning of phenols and its inhibition by aliphatic acids. Z. Naturforschg 24 ： 1198-1199.
18. Asahira, T., and J. P. Nitsch. 1969. Effect of polarity and kinetin on the browning reaction of *Dioscorea batatas* and *D. japonila.* Planta 84: 292-294.
19. Bhat, S. R., and K. P. S. Chandel. 1991. A novel technique to overcome browning in tissue culture. Plant Cell Rep. 10: 358-361.
20. Bostock, R. M., and B. A. Stermer. 1989. Perspectives on wound healing in resistance to pathogens. Annu. Rev. Phytopathol. 27: 343-371.
21. Cassells, A. C., and G. Minas. 1983. Plant and *in vitro* factors influencing the micropropagation of *Pelargonium* cultivars by bud-tip culture. Scientia Horticulturae 21: 53-65.
22. Cheng, G. W., and C. H. Crisosto. 1995. Browning potential, phenolic composition, and polyphenoloxidase activity of buffer extracts of peach and nectarine skin tissue. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120: 835-838.
23. Compton, M. E., and J. E. Preece. 1988. Response of tobacco callus to shoot tip exudation from five species. HortSci. 23: 208-210.
24. Creasy, L. L. 1968. The increase in phenylalanine ammonialyase activity in strawberry leaf disks and its correlation with flavonoid synthesis. Phytochemistry 7: 441-446.
25. Kukulczanka, K., K. Klimaszewska, and H. pluta. 1977. Regeneration of entire plant of *Peperomia scandens* Ruiz from different parts of leaves *in vitro*. Acta Hort.78: 365-369.
26. Marks, T. R., and S. E. Simpson. 1990. Reduced phenolic oxidation at culture initiation *in vitro* following the exposure of field-grown stockplants to darkness or low levels of irradiance. J. of Hort. Sci. 65: 103-111.
27. Murashige, T., and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture. Physiol. Plant. 15: 473-497.
28. Ripley, K. P., and J. E. Preece. 1986. Micropropagation of *Euphorbia Lathyris* L. Plant Cell Tissue and Organ Cult. 5: 213-218.
29. Tsay, H. S., T. G. Gau, and C. C. Chen, 1989. Rapid clonal propagation of *Pinella ternata* by tissue culture. Plant Cell Rep. 8:

450-454.

30. Vuylsteke, D., and E. De Langhe, 1985. Feasibilty of *in vitro* propagation of bananas and plantains. Trop. Agric. (Trinidad) 62: 323-328.

31. Zaid, A. 1987. *In vitro* browning of tissues and media with special emphasis to date palm cultures — a review. Acta Hort. 212: 561-566.

32. Ziv, M., and A. H. Halevy. 1983. Control of oxidative browning and *in vitro* propagation of *Strelitzia reginae*. HortSci. 18: 434-436.

Studies on the Tissue Culture of *Fritillaria hupehensis* Hsiao et K. C. Hsia

I. The Induction of Bulbscale and Embryogenic Callus from Different Source Explants[1]

Yih-Juh Shiau[2], Chung-Der Tai[3], Chung-Chuan Chen[3] and Hsin-Sheng Tsay[2]

Summary

Bei-mu was first recorded in Shen-Nung-Pen-Ts'ao-Ching under the middle herb catogory and was recorded in successive Pen-ts'aos of the descending dynasties. It has been used as anti tissue and expectorant for the care of coughing and the prevention of phlegm formation. As the amount of bulb collected from naturally-grown and traditionally-cultured plants is far from enough for medicinal demand, tissue culture method of mass propagation was therefore studied. For the comparison on the efficiency of new bulbscale production among various explants cultured on solid medium containing MS basic salts and 0.5 mg/l BA concentration for 60 days, bulbscale explant showed the highest percentage (54.7%) followed by stem base , protocorm-like-body (PLB) , and leaf blade. On the contrary, the order of browning percentage during the culturing period was reversed for the four explants. The stem base explant could produce the highest number of bulbscale (5.6 per culture). The induction percentages of embryogenic callus were higher for PLB and stem base (36.1% & 30.6%, respectively). Addition of 0.5 mg/l BA and 0.25-4 mg/l NAA to the MS medium resulted in increased efficiency of bulbscale formation, e.g., from 68-72% for stem base explant and 62-78%for bulbscale explant. NAA in the concentration range of 4 mg/l could also promote the rooting ability and embryogenic callus formation of the explants.

Key words : *Fritillaria hapehensis* Hsiao *et* K.C.Hsia, Protocorm like body, Tissue culture, Mass propagation.

---

1. Contribution No.2042 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.
2. Respectively, Research Assistant and Senior Agronomist, Department of Agronomy, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung , Taiwan , ROC.
3. Former graduate student and Associate Professor of Graduate Institute of Chinese Pharmaceutical Science, China Medical College, Taichung , Taiwan , ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(4): 39～47 (2000)

湖北貝母組織培養之研究

III. 培養基組成分及光照處理對誘導小鱗莖發根之影響[1]

陳威臣[2] 戴宗德[3] 陳忠川[3] 蔡新聲[2]

摘要：貝母(Bei-Mu)首載於神農本草經、草部中品，爲傳統中醫藥用植物，依藥用習慣分爲浙貝母和川貝母兩大類。浙貝母苦寒，多用於外感咳嗽；川貝母苦甘微寒，多用於虛勞咳嗽。在湖北西部和四川東部所發展的湖北貝母(*Fritillaria hupehensis* Hsiao *et* K. C. Hsia)，屬川貝母之一種。湖北貝母具止咳化痰之療效，歷年來均採鱗莖繁殖播種，但繁殖速率低、產量少，不能滿足醫療之需。本研究乃探討利用組織培養大量繁殖湖北貝母種苗之技術。將培養湖北貝母鱗片所獲得之小鱗莖，繼代培養在不同濃度的NAA培養基中，結果發現4 mg/l NAA (α-naphthaleneacetic acid)誘導小鱗莖發根之比率最高，可達63.3%，隨NAA濃度降低而小鱗莖發根比率漸少；每個小鱗莖之發根數目則以2 mg/l NAA較佳。將小鱗莖培養在1/2 MS基本鹽類濃度、3% 蔗糖，配合0.5 mg/l BA (N^6-benzyladenine)及4 mg/l NAA之固體培養基中，於光照16小時/日、2,000 lux光強度，25℃恆溫的條件下培養60天後，約65% 之鱗莖可得良好根系。將形成良好根系之小鱗莖移出試管，栽培於土壤、泥炭苔與河砂(v/v/v=2/1/1)之混合介質，置於生長箱內進行馴化，一個月後之植株成活率可達90%。

關鍵詞：湖北貝母、藥用植物、組織培養、瓶內發根、馴化。

前　言

貝母(Bei-Mu)爲百合科多年生之草本植物，以地下鱗莖入藥，有止咳、化痰、清熱及散結之功用，乃常用中醫藥用植物。依藥用習慣貝母又分爲浙貝母(*Fritillaria thunbergii* Miquel. Baker)和川貝母(*F. cirrhosa* D. Don)兩大類，浙貝母主產於浙江，多係人工栽培；川貝母主產於中國西南與西北地區，多係野生。浙貝母與川貝母均爲止咳化痰藥，但浙貝母苦寒，多用於外感咳嗽；川貝母苦甘微寒，多用於虛勞咳嗽；臨床上分別應用[2,7,28,31]。在湖北西部和四川東部所發展的湖北貝母(*F. hupehensis* Hsiao *et* K. C. Hsia)，又名板貝母，應屬川貝母之一種，性微寒、味甘苦，具有潤肺、止咳、化痰，治虛勞、咳嗽痰鬱、胸悶肺痿等功效[7,10,13]。

貝母一般採用鱗莖繁殖栽培，但其繁殖率低、產量少，若以種子播種栽培，又需4-5年之生長週期，因此造成藥品嚴重缺乏，無法滿足醫療所需。爲解決貝母藥材之嚴重不足，許多前人研究指出，利用組織培養技術可成功大量繁殖貝母屬植物；如江蘇省植物研究所(1978)與郝(1982)等學者指出，利

---

1 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2043號。

2 本所農藝系助理研究員與研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

3 中國醫藥學院藥學研究所前研究生、副教授。臺灣省　臺中市。

用伊貝母(*F. pallidiflorae*)鱗莖切塊來源[3]或頂芽來源[6]之癒合組織，可誘導植物體再生；孫(1977)等學者利用浙貝母(*F. thunbergii* Miquel)花梗及花蕾來源之癒合組織，亦可誘導產生植物體[5]；周(1983)與趙(1983)等學者分別利用平貝母(*F. ussuriensis* Maxim)之鱗莖來源[4]或花梗及花蕾來源來源[11]之癒合組織，可誘導植物體再生；蕭(2000)等學者利用組織培養技術，誘導湖北貝母之鱗片產生芽球類似體、小鱗莖及胚狀化癒合組織之形成[13]；楊(2000)等學者則大量增殖此湖北貝母之芽球類似體、小鱗莖與胚狀化癒合組織，並使其再生爲植物體[10]；本研究進一步檢討培養基組成分及光照處理對湖北貝母小鱗莖發根之影響，並探討栽培介質組成分對幼苗移植成活的影響，期能發展大量生產湖北貝母植株或鱗莖之技術，供農民大量栽培時之應用，以滿足醫療之需。

材料與方法

一、材料

本研究材料係取自四川中醫學院副院長提供之湖北貝母鱗片，經培養後形成具有小鱗莖之芽球相似體(Protocorm-like-body, PLB)，再切取含2-3個小鱗片之芽球相似體，培養於添加0.5 mg/l BA與1 mg/l NAA之MS固體培養基，待長成具莖葉之小鱗莖時，供試驗之用。

二、方法

(一)培養基與培養條件

本研究主要以MS無機鹽類及有機成分爲基本配方[22]，內含3%蔗糖及0.9%洋菜，並添加各類植物生長調節劑，培養基加入洋菜前先用1N NaOH及HCl將pH值調至5.7±0.1，然後以121℃、1.05 kg/cm^{2}高壓滅菌15分鐘後，放冷備用。接種後將材料置於25±1℃之恆溫、照光16小時(光強度約2,000 lux)下培養。

(二)培養基組成分與光照處理對誘導小鱗莖發根之影響

將帶有莖與葉之湖北貝母小鱗莖，培養於不同濃度之MS鹽類、蔗糖或NAA等不同組成分之培養基，探討上述因子對湖北貝母小鱗莖形成根之影響。此外，將湖北貝母小鱗莖培養於含有4 mg/l NAA、0.5 mg/l BA之1/2 MS培養基，分別置於暗處理、照光處理(每日照光16小時，光強度約2,000 lux)及部份遮光處理(以鋁箔紙包圍試管之培養基部份，僅露出鱗片；每日照光16小時，光強約2,000 lux)等三種光照環境，探討光照處理對湖北貝母鱗莖形成根之影響。本研究NAA濃度與光照試驗均接種30個培植體，而MS與蔗糖濃度試驗則接種20個培植體，於接種30與60天後調查其發根培植體數與每個培植體之發根數。

(三)栽培介質組成分對移植成活率之影響

待小鱗莖形成較佳之根系後(圖1a)，取出以自來水洗淨附著之培養基，並用0.1% (w/v)億力(Benlate, Du Pont, De Nemours & Co. Inc. Taoyuan, Taiwan)消毒5-10分鐘後，移植於經滅菌之土壤(取自本所田區之田土)、泥炭苔(HECO No. 1, Produit par heveco LTD., Tabusinto, N. B., Canada.)、河砂及蛭石(南海蛭石3號)等植材不同混合比例的栽培介質中，將材料移植於直徑9 cm之黑色塑膠盆中，置於日夜溫爲20℃/16℃且照光16小時之生長箱內，每天澆水以維持溼度，且每二天噴一次0.1% (w/v)花寶一號(HYPONeX No.1，N：P：K＝7：6：19)；移植7天後移出生長箱，每二天澆水並噴施0.1%花寶一號一次；本試驗移植20個小鱗莖，於移植30天後調查存活率。

(四)資料分析

本研究所有試驗均爲二重複，試驗所得部分資料係採用二項分布(binomial distribution)之95%信賴區間(confidence interval)表示，以顯示處理間之差異；部分資料則利用SAS統計軟體進行變方分析，若處理間差異顯著，則利用Least significant difference (LSD) test測定比較各處理平均值間之差異。

結　果

一、NAA濃度對湖北貝母小鱗莖發根之影響

表1的結果顯示，4 mg/l NAA之處理對小鱗莖發根的比率最佳，達63.3%，平均根數爲3.1條；其次爲2 mg/l之處理，分別爲50.0%及3.4條；降低NAA濃度爲1或0.5 mg/l時，其根之形成率分別降爲41.7%及23.3%，而形成之根數則不受太大影響，分別可達3.3與3.1條；而0.25 mg/l NAA與不含NAA之處理較差，根形成率與根數分別只有21.7%與13.3%及2.5與1.3條。

表1. NAA濃度對湖北貝母小鱗莖發根之影響

Table 1. Influence of NAA concentration on rooting of *F. hupehensis* bulblets after 2 months cultured in MS basal medium+0.5 mg/l BA

NAA concentration (mg / l)	% Bulblets producing roots [z]	Average No. of roots per bulblet [y]
0	13.3 (11.6-15.0)	1.3[d]
0.25	21.7 (19.1-24.2)	2.5[d]
0.5	23.3 (21.6-25.0)	3.1[abc]
1	41.7 (40.8-42.5)	3.3[abc]
2	50.0 (48.3-51.7)	3.4[ab]
4	63.3 (60.0-66.7)	3.1[bc]

[z] Values in parentheses are 95% confidence interval of binomial distribution.

[y] Means within a column followed by same letter are not significantly different from each other at the 5% level by LSD test.

二、MS基本鹽類對湖北貝母小鱗莖發根之影響

表2的結果顯示，1/2 MS基本鹽類濃度對湖北貝母小鱗莖誘導發根的效果最佳，根形成率及根數分別爲65.0%及3.5條；其次爲MS之處理，分別爲52.5%及3.3條；降低鹽類濃度至1/4或1/8 MS時，使發根率及根數分別降爲42.5%及3.1條與37.5%及2.8條。

表2. MS基本鹽類濃度對湖北貝母小鱗莖發根之影響

Table 2. Influence of the strength of MS basal medium supplemented with 4 mg/l NAA+0.5 mg/l BA on rooting of *F. hupehensis* bulblets after 2 months of culture

MS salts concentration (Fold)	% Bulblets producing roots [z]	Average No. of roots per bulblet [y]
1/8	37.5 (32.9-42.1)	2.8[bc]
1/4	42.5 (41.0-44.0)	3.1[abc]
1/2	65.0 (61.9-68.1)	3.5[abc]
1	52.5 (47.9-57.1)	3.3[abc]

[z] Values in parentheses are 95% confidence interval of binomial distribution.

[y] Means within a column followed by same letter are not significantly different from each other at the 5% level by LSD test.

三、蔗糖濃度對湖北貝母小鱗莖發根之影響

表3的結果顯示，3%蔗糖濃度對根形成率最佳，達67.5%，形成根數爲3.3條；其次爲5%之處理，分別爲62.5%及3.2條；提高或降低蔗糖濃度爲7%或1%時，均有57.5%之根形成率，而形成之根數分別爲2.9與2.8條；將小鱗莖培養於不含蔗糖之培養基時，根形成率與形成之根數則分別爲55.0%及3.0條。

表3. 蔗糖濃度對湖北貝母小鱗莖發根之影響

Table 3. Influence of sucrose concentration on rooting of *F. hupehensis* bulblets after 2 months of culture in 1/2 MS medium supplemented with 4 mg/l NAA+0.5 mg/l BA

Sucrose (%)	% Bulblets producing roots [z]	Average No. of roots per bulblet [y]
0	55.0 (51.9-58.1)	3.0[abcde]
1	57.5 (49.8-65.2)	2.8[bcde]
3	67.5 (62.9-72.1)	3.3[abcd]
5	62.5 (57.9-67.1)	3.2[abcd]
7	57.5 (56.0-59.0)	2.9[bcde]

[z] Values in parentheses are 95% confidence interval of binomial distribution.

[y] Means within a column followed by same letter are not significantly different from each other at the 5% level by LSD test.

表4. 不同光照處理對湖北貝母小鱗莖發根之影響

Table 4. Influence of light intensity on rooting of *F. hupehensis* bulblets after 2 months of culture in 1/2 MS basal medium supplemented with 4 mg/l NAA+0.5 mg/l BA

Light intensity (lux)	% Bulblets producing roots [y]	Average No. of roots per bulblet [x]
0 (darkness)	68.3 (65.8-70.9)	3.3[b]
2000	65.0 (60.8-69.2)	3.8[a]
2000 [z]	63.3 (61.6-65.0)	2.9[c]

[z] Outside of test-tube was covered with aluminum foil.

[y] Values in parentheses are 95% confidence interval of binomial distribution.

[x] Means within a column followed by same letter are not significantly different from each other at the 5% level by LSD test.

表5. 不同混合介質對湖北貝母瓶苗移植成活率之影響

Table 5. Influence of growing medium-mixture on survival of *F. hupehensis* bulblets after cultured in growth chamber for 1 month

Growing medium-mixture components [z]				Bulblets survival [y]
Soil	Vermiculite	Peat-moss	Sand%	
2	0	1	1	90.0 (86.9-93.1)
2	1	1	0	82.5 (81.0-84.0)
2	0	0	1	77.5 (72.9-82.1)
1	0	0	0	77.5 (76.0-79.0)
1	1	1	0	82.5 (77.9-87.1)

[z] Growing medium-mixture components were mixed by volume.

[y] Values in parentheses are 95% confidence interval of binomial distribution.

四、不同光照處理對湖北貝母小鱗莖發根之影響

表4的結果顯示，培養60天後，暗處理者約有68.3%之根形成率，平均獲得3.3條根，但根較細；2,000 lux光照下約有65.0%之根形成率，平均獲得約3.8條根(圖1a)；而培養基經遮光處理之小鱗莖則約有63.3%之根形成率，其根較光照處理者細，且根數最少，爲2.9條。

五、不同混合介質對湖北貝母瓶苗移植成活率之影響

表5的結果顯示，栽培介質採用土壤：泥炭苔：河砂 (v/v/v=2/1/1)時，組織培養瓶苗之移植成活率爲90%，其他組合之栽培介質則分別有77.5%及82.5%之成活率。而馴化三個月後可得生育良好之湖北貝母小植株(圖1b)，可供移植田間栽培之用。

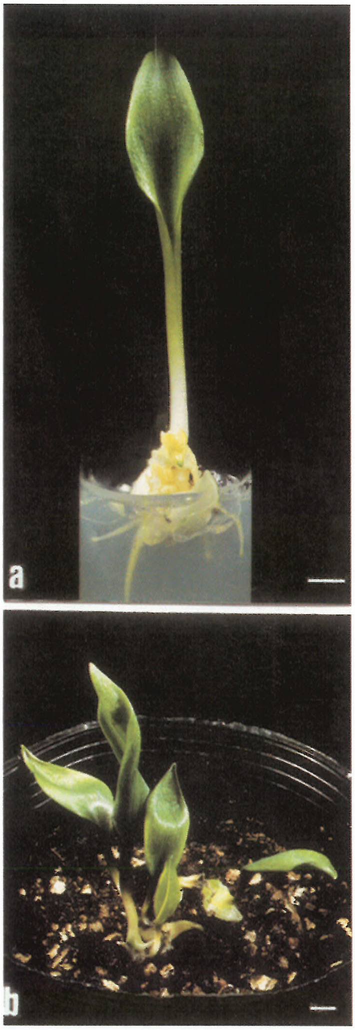


圖 1. 湖北貝母小鱗莖之(a)瓶內發根與(b)移植馴化後植株之生長情形。

Fig. 1. *In vitro* rooting and acclimatization of *F. hupehensis* bulblets. (a) Rooting of bulblets in 1/2 MS basal medium supplemented with 0.5 mg/l BA+4 mg/l NAA, under light intensity in 2,000 lux for 2 months. Bar, 5 mm. (b)*In vitro* propagated plantlets were transplanted to soil, peat moss, and sand (v/v/v=2/1/1), and cultured in growth chamber for 3 months. Bar, 5 mm.

討　論

組織培養大量繁殖之應用上，常添加 auxins 類植物生長調節劑(IAA、NAA 或 IBA)於培養基以誘導根部的形成，其中以 NAA 具有較佳的發根效果[(15)]。若培養基中不含 IBA 或 NAA，則 *Azadirachta exxelsa* 芽體無法發根；當芽體培養於含有 2-4 mg/l NAA 之培養基時的發根率較高[(19)]。同樣的，*Vitex negundo* 之芽體培養於不含 auxin 之培養基時亦無法發根[(26)]。Niimi (1984)則指出 NAA 爲影響 *Lilium rubellum* 小鱗莖發根之最主要因素[(23)]。Lubomski (1989)於 *Hosta sieboldiana* 的組織培養研究中指出，

IAA與IBA均無法誘導其芽體發根，惟有0.1 mg/l NAA可得最佳之發根率；而不含任何植物生長調節劑之培養基亦可以得到不錯的結果[21]。Hussey (1977)也指出，將Amaryllidaceae、Liliaceae與Iridaceae等三科植物之芽體繼代培養於低濃度或不添加cytokinins的培養基時，可自然產生不定根[16]；鳳梨(*Ananas comosus*)芽體之發根試驗亦獲得相似的結果[18]。本研究結果顯示，4 mg/l NAA之處理對於湖北貝母小鱗莖之發根效果最佳，其餘之處理則隨著NAA濃度減低而發根率有降低之趨勢；而在形成的根數上，則0.5-4 mg/l NAA之處理間並無顯著差異；在添加0.25 mg/l NAA與不含NAA之處理時，約有20%之小鱗莖發根，而形成的根數則約有2條；此結果與上述報導之結果頗爲類似。

培養基中的高濃度鹽類往往會抑制培植體根系之分化，若將鹽類濃度減爲半量或1/4量則有利於組織培養瓶苗之發根[15]。Sengupta *et al.*(1984)指出，將誘導自山藥(*Dioscorea floribunda*)莖節或癒合組織再生之芽體，培養於含有0.5 mg/l NAA之1/2 MS液態培養基15-20天後，可形成發育良好之根系，且發根率可達90%[27]。Upreti and Dhar (1996)亦指出，添加1 μM NAA的1/2 MS培養基是*Bauhinia vahlii*瓶內發根時之最佳培養基[29]。張(2000)等學者於*Eucalyptus camaldulensis*之發根試驗中發現，添加0.1-2 mg/l IBA之1/2 MS培養基的發根率，均較添加0.1-2 mg/l IBA之MS培養基分別高出15-25%，甚至於不含IBA之1/2 MS處理亦較MS處理(不含IBA)高出20%[8]。本研究結果顯示，誘導湖北貝母小鱗莖之發根以1/2 MS之處理最爲適當，此結果與上述報導類似；但本研究將鹽類濃度降低至1/4或1/8 MS時，對根形成率及根數反而有不利之影響。

醣類爲培養基的主要碳源，在不少作物瓶苗的發根上是不可或缺的影響因子，其中果糖、蔗糖與葡萄糖較有助於瓶苗的發根作用[14,15]。然而，Piagnani and Eccher (1988)卻指出，蔗糖濃度並不會影響栗樹(*Chestnut sativa*與*C. crenata* X *C. sativa*)芽體的發根[24]。本研究將湖北貝母小鱗莖培養在不同蔗糖濃度之培養基中發現，3%蔗糖濃度對根形成率最佳，提高或降低蔗糖濃度對根形成率與形成根數均有不利之影響；此結果與Kooi et al. (1999)及Kumar *et al.* (1999)之研究結果[19,20]相同；顯示適當的蔗類濃度對湖北貝母小鱗莖的發根是有利的。

生長於土壤中之完整殖株，其根部的分化與生長現象均於黑暗的環境完成，然而在組織培養的條件下，照光是影響瓶苗發根的因子之一；此外，利用黑色膠帶包裹培養容器基部以進行遮光處理，亦有利於植物發根[15]。Niimi (1984)指出，照光處理可促進*Lilium rubellum*之發根[23]。玫瑰(*Rosa hybrida*)芽體於發根時之最佳光強度爲1,000 lux或更低，而當光強度高於3,000 lux時則發根受到抑制；於1,000 lux的光強度下，基部遮光處理之發根率較對照組高出24%[17]。本研究結果顯示，照光處理可促進湖北貝母小鱗莖的發根，但基部遮光處理卻有不利之影響，與上述報導不盡相同，值得進一步探討。

一般理想的栽培介質需具備有效水分含量適當、質輕(低密度)、高孔隙度、陽離子交換能力強、適當的酸鹼度(pH)與電導度(EC)、植物營養成分均衡、無毒性物質及無病蟲源等因子[12]。然而，並沒有一種完美的介質，在一樣的管理下，適合所有的植物生長，於是在利用任某種混合介質前，需先了解其個別的物理與化學性質[1,9]。但是筆者認爲，無法要求每個馴化試驗均需進行如此複雜之混合介質理化調查，但可依此報導評估選擇適當之介質(如土壤、河砂、泥炭苔、蛭石與珍珠石等)，依一定的比例加以混合，即可進行瓶苗移植之馴化試驗。Rani and Grover (1999)將已發根完成的*Withania somnifera*瓶苗移植於土與砂(v/v=1/1)的混合介質中，其移植存活率可達83%[25]。Yang *et al.* (2000)指出，將已發根完成的*Sassfras randaiense*瓶苗移植於蛭石與珍珠石(v/v=1/1)、泥炭苔與珍珠石(v/v=1/1)及蛭石、泥炭苔與珍珠石(v/v/v=1/1/1)的等三種混合介質中，其移植存活率均可高達100%[30]。本研究將具有健康根系之湖北貝母小苗，移植於滅菌後之不同混合介質一個月後發現，土壤、泥炭苔與河砂(v/v/v= 2/1/1)混合介質之處理效果最佳，小苗存活率可達90%，顯著優於其他的處理。

誌 謝

本研究承行政院衛生署中醫藥委員會經費補助(CCMP86-RD-040)，農業試驗所李長沛先生協助資料分析，A. P. Sagare博士協助修正文稿英文部分，特此申謝。

引用文獻

1. 王才義。1990。栽培介質理化性質之測定。興大園藝 15：21-28。
2. 甘偉松。1986。藥用植物學(百合科)，第614-615頁。國立中國醫藥研究所。台灣，台北。699頁。
3. 江蘇省植物研究所(形態組)。1978。浙貝母鱗莖切塊的組織培養與繁殖。中草藥通訊 5：39-41。
4. 周寶鈞。1983。平貝母鱗莖組織培養的研究。植物生理學通訊 1：30。
5. 孫敬三、朱自清、王敬駒。1977。浙貝母癒傷組織的培養和器官再生。植物學報 19：161-162。
6. 郝玉蓉、李明世、吳躍武。1982。伊貝母(*Fritillarua pallidiforae*)癒傷組織的培養和植株再生的研究。西北植物研究 2：38-43。
7. 張平、姜術。1993。湖北貝母與浙貝母和川貝母中8種無機元素的含量比較。中國醫院藥學雜誌 13：348-349。
8. 張淑華、何政坤、蔡錦瑩、陳振榮。2000。Thidiazuron促進赤桉優良營養系葉片癒合組織之植株再生。台灣林業科學 15：81-90。
9. 黃淑如、王才義。1994。容器栽培介質含稻殼、泥炭苔、眞珠石、土壤及砂之物理性與化學性。興大園藝 19：81-95。
10. 楊淑如、戴宗德、陳忠川、蔡新聲。2000。植物生長調節劑及培養基形態對湖北貝母鱗片培養衍生芽球相似體及鱗片增重之影響。中華農學會報(已接受)。
11. 趙國凡、曹陽、吳陽、范放、周麗君、楊偉華。1983。平貝母癒傷組織的誘導和器官再生。植物學通報 1：40-41。
12. 蔡宜峰、邱建中。1999。溫度及有機介質對不同草坪植物生長之影響中華民國雜草學會會刊 20：27-38。
13. 蕭翌柱、戴宗德、陳忠川、蔡新聲。2000。湖北貝母組織培養之研究 I.不同來源培植體誘導鱗片及胚狀化癒合組織之形成。中華農業研究 49(4): 29-38。
14. Gautheret, R. J. 1969. Investigations on the root formation in the tissues of *Helianthus tuberosus* cultured *in vitro*. Amer. J. Bot. 56: 702-717.
15. George, E. F., and P. D. Sherrington. 1984. Practices and Problems, pp. 358-367. in：Plant propagation by tissue culture：Handbook and dictionary of commercial laboratories. Eastern Press Reading, Berks. England. 709 pp.
16. Hussey, G. 1977. *In vitro* propagation of some members of the Liliaceae, Iridaceae and Amaryllidaceae. Acta Hortic. 78: 303-309.
17. Khosh-Khui, M., and K. C. Sink. 1982. Rooting enhancement of *Rosa Hybrida* for tissue culture propagation. Scientia Hortic. 17: 371-376.
18. Kiss, E., J. Kiss., G. Gyulai., and L. E. Heszky. 1995. A novel method for rapid micropropagation of pineapple. HortScience 30: 127-129.
19. Kooi, L. T., L. K. Chan., and T. K. H. Chris. 1999. *In vitro* rooting of sentang shoots (*Azadirachta excelsa* L.) and acclimatization of the plantlets. In vitro cell. Dev. Biol. Plant 35: 396-400.
20. Kumar, A., A. Sood., L. M. S. Palni., and A. K. Gupta. 1999. *In vitro* propagation of *Gladiolus hybridus* Hort.：Synergistic effect of heat shock and sucrose on morphogenesis. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 57: 105-112.
21. Lubomski, M. 1989. Shoots multiplication and rooting of Hosta *sieboldiana* cv. Gold standard using cultured shoot tips. Acta Hortic. 251: 223-228.
22. Murashige, T., and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiol. Plant. 15: 473-497.
23. Niimi, Y. 1984. Effects of α-naphthaleneacetic acid and 6-benzylaminopurine on the development of excised-bulbs (*Lilium rubellum* Baker) cultured *in vitro* both in diffused light and in continuous darkness and the leaf emergence from the bulbs *in vivo*. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 53(1): 59-65.

24. Piagnani, C., and T. Eccher. 1988. Factors affecting the proliferation and rooting of chestnut *in vitro*. Acta Hortic. 227: 384-386.

25. Rani, G., and I. S. Grover. 1999. *In vitro* callus induction and regeneration studies in *Withania somnifera*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 57: 23-27.

26. Sahoo, Y., and P. K. Chand. 1998. Micropropagation of *Vitex negundo* L., a woody aromatic medicinal shrub, through high-frequency axillary shoot proliferation. Plant Cell Rep. 18: 301-307.

27. Sengupta, J., G. C. Mitra., and A. K. Sharma. 1984. Organogenesis and tuberization in cultures of *Dioscorea floribunda*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 3: 325-331.

28. Stuart, R. G. A. 1987. Chinese medicine series (1) Chinese materia medica vegetable kingdom. pp. 178-179. Southern Materials Center, INC. Taipei, Taiwan. 558 pp.

29. Upreti, J. and U. Dhar. 1996. Micropropagation of *Bauhinia vahlii* Wight and Arnott--a leguminous liana. Plant Cell Rep. 16: 250-254.

30. Yang, J. C., J. Y. Tsay., J. D. Chung., and Z. Z. Chen. 2000. Multiple shoot proliferation and plantlet establishment in shoot tip and nodal culture of Taiwan sassafras (*Sassafras randaiense* (Hay.) Rehd.). Taiwan J. of For. Sci. 15: 31-39.

31. Yen, K. Y. 1992. Rhizomata (Rhizomes) p. 85. in：The illustrated Chinese materia medica - crude and prepared. SMC Publishing INC., Taipei, Taiwan. 383 pp.

Studies on the Tissue Culture of *Fritillaria hupehensis* Hsiao *et* K. C. Hsia

IIII. Influence of Medium Component and Light Treatment on *in vitro* Rooting, and Acclimatization of Bulblet [1]

Uei-Chin Chen [2], Chung-Der Tai [3], Chung-Chuan Chen [3], and Hsin-Sheng Tsay [2]

Summary

Bei-Mu (*Fritillaria hupehensis* Hsiao *et* K. C. Hsia) has been used as antitussive and expectorant in traditional Chinese medicine. As the amount of bulb collected from naturally-grown and traditionally-cultured plants is far from enough for medicinal demand, therefore the mass propagation method using bulblets of *F. hupehensis* has been established. α-Naphthaleneacetic acid (NAA) in concentration range of 2-4 mg/l could promote the root initiation of the bulblets. The bulblets cultured on medium containing 1/2 Murashige and Skoog (MS) medium, 3% sucrose, 0.5 mg/l 6-benzylaminopurine (BA), and 4 mg/l NAA for 60 days, consequently, 65% bulblets could develop good root system. The in vitro propagated bulblets with well-developed roots could be transplanted to autoclaved soil, peat moss, and sand (v/v/v=2/1/1), and grown well in a growth chamber. The survival percentage of bulblets was 90% by one month of culture.

Key words : *Fritillaria hupehensis,* Medicinal plant, Tissue culture, *In vitro* rooting, Acclimatization.

---

1. Contribution No.2043 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.
2. Assistant Researcher and Senior Agronomist, Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Former graduate student and Associate Professor of Graduate Institute of Chinese Pharmaceutical Science, China Medical College, Taichung, Taiwan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(4): 48～55 (2000)

油桃早期胚培養之研究[1]

溫英杰　吳雅婷[2]

摘要：爲了育成早熟油桃(*Prunus persica* var. necturina Maxim.)品種，以避開低海拔地區果實蠅高峰期，本計畫以具有果實發育日數短的桃及油桃爲育種親本，並用胚培養方式培養在自然狀態下無法萌芽生長的未成熟胚。試驗結果顯示，特早熟油桃的胚在果實軟化時呈嚴重退化，胚培養的適當時期爲果實硬熟期。以MS培養基培養早熟和特早熟桃及油桃的雜交胚獲得74%的成苗率，較培養在NN培養基的13%及SH培養基的10%爲佳。添加1mg/l BA +1mg/l IAA與1mg/l BA +1mg/l IBA較單獨添加或其他生長調節物質之組合爲佳，但與對照比較並無顯著差異。未經低溫處理的雜交胚，萌芽率低且芽體呈簇生狀，無法發育成正常小苗。而經4℃的低溫處理的雜交胚，1-2個月後即陸續長出胚根，可發育成正常小苗。經健化處理出瓶後成活率仍低，爲尚待解決之問題。

關鍵詞：油桃、胚培養、早熟。

前　言

油桃(*Prunus persica* var. necturina Maxim.)爲桃(*Prunus persica* Maxim.)之隱性突變而來，果實表皮呈光滑無毛而得名[6]。果實表皮沒有茸毛，在採後處理及食用上都較簡便，而且油桃果實裡之糖及酸含量皆較桃爲高[3,5,10,23]，風味好，香氣強，著色亦佳，在國外甚受消費者的喜愛。本省每年自美國加州及南半球等地進口80萬箱油桃，市值超過四億台幣，以玫瑰桃爲名販售，亦受國人好評，足証此一新的水果能爲國內消費者接受。

油桃與桃都是不耐貯藏的果實，決定果實風味的糖及酸含量在成熟前二星期才迅速累積[7]，由國外進口的油桃因需長途運輸，必須在6～7分熟採摘，本省油桃可在8～9分熟採摘供售，品質上可望優於舶來品，未來加入WTO後在全面開放的市場中，可以以品質取勝。

本省高海拔地區可供農耕的和緩坡地有限，在生態保育觀念日益被重視的今天，高海拔地區農業活動的空間日益趨狹，因此在國科會經費支持下於1996與1997連續兩年調查本試驗所羅娜果樹種原保存園27個油桃品種之種質資源特性，選出'Sunblaze'，5-40N及90-50CN等三個優良品系，其並適合台灣平地種植爲低海拔地區農友提供一個新的作物供其選擇栽培[1]。

本省近十年來果實蠅密度一直居高不下，導致農藥使用量增加，直接危害廣大消費者的健康並且增加農民生產成本(農藥、網室或套袋)。依據歷年來的經驗，台灣中部平地在五月之前，果實蠅的密度甚低，不用施藥或套袋而可收獲果實。因此育成低需冷性且果實發育日數短的油桃品種，將可收獲到不用農藥的清潔水果，並且降低農民栽培成本。四月底前收獲的水果，正値本省早春的果歉期，水果一向高價，可謂一舉數得。

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2044號。

2.本所作物種原室副研究員及約聘助理。台灣省　台中縣　霧峰鄉。

台灣平地在四月之前成熟的油桃品種，必須具有兩個要件：1.低溫需求量在250小時以下。2.果實發育日數需短於80天。Hammerschlag等人[4]的試驗結果顯示，胚的成熟度影響體外培養器官形成的潛能、時間與形態正常與否，開花後125天(PF_1=100)之胚具有成熟形態雙極性，體外培養萌發成小植株百分率高，而花後56天或70天(PF_1為30或70)之未成熟胚，則發芽率低且易產生畸型小植株。Mowery等人[11]的研究結果指出授粉後110天內採收的桃種子，發芽率低於50%，90天內則胚皆未發育完全，需以胚培養才能獲得雜交後代。Lesley及Bonner[9]認為早熟桃的果實發育期(FDP)若小於75天，其胚太小不易由濕冷層積獲得苗木。

本試驗依據低需冷性油桃種原評估結果，選擇具有短發育日數及低溫需求量在250小時以下的品種作為育種親本進行雜交，再利用胚培養培育技術，以期挽救雜交胚並培育成雜交苗。

材料與方法

一、試驗材料

由農試所羅娜種原保存園保存過去育種所得及由世界各地收集而來之油桃及桃種原中選擇具有1.低溫需求量少，2.果實發育期短之條件者作為雜交親本。參試親本品種(系)特性詳如表1。

表1. 試驗所用桃及油桃品種特性

Table 1. The characteristics of peaches and nectarines used in this experiment

Cultivars	Estimated chill unit	FDP[z] (days.)	Fruit size(g)	Flesh[y] color
Flordaprince	150	70	85.2 ± 7.2	Y
5-40N	150	90	93.3 ± 10.3	W
Sunblaze	250	90	80.8 ± 12.1	Y
90-50CN	200	88	93.0 ± 8.8	Y
Armking	500	68	94.1 ± 6.7	Y
Armking Precoce	475	65	82.0 ± 15.4	Y
82-25N	50	120	77.5 ± 7.5	Y

[z] Time from 50 % bloom to first commerical harvest maturation.

[y] Y=yellow，W=white.

二 試驗方法

(一)雜交授粉

按雜交計畫所需，採集父本預定於次晨開放之花蕾，將花藥取出後舖放在培養皿中，置於25℃之恆溫箱讓花藥開裂，收集花粉置於硫酸紙袋內，裝入含乾燥劑之玻璃瓶中，放在-20℃中貯藏。雜交授粉於信義鄉羅娜村果樹種原保存園進行，授粉後按正常管理程序讓果實成熟至8分熟採摘。

(二)胚培養

果實去除果肉後，將果核清洗並稍陰乾，移入無菌操作台用95%酒精稍加浸洗後燃燒滅菌。種胚去除種皮後置於不同培養基中，觀察其生長發育情形。培養基採用MS[12]、NN[13]、SH[19]等三種基本配方，添加3%蔗糖，0.7%洋菜及不同組合之auxin(IAA, NAA, IBA, 2,4-D)、cytokinin(BA, Kinetin, Zeatin)、GA等完整配方(詳如表2)，pH調至5.7，每處理接種4～6個胚。

(三)培養環境

接種於培養基之胚分別置放在4°及25℃之黑暗環境中，待胚根長出後移至25℃光照環境下培養，二個月後調查幼苗生育情形及成活率。成活率以胚根與胚軸伸長1公分以上並具有葉片的胚數佔

表2. 油桃胚培養培養基代號及添加成分

Table 2. Combinations of plant growth regulators in different medium used in this experiment

Medium \ PGR (mg/l)	BA	IBA	NAA	IAA	Kinetin	2,4-D	GA	Zeatin
MS								
MS1G							1	
MS2G							2	
MS5G							5	
MS2B2G	2						2	
MSG0	1		0.1					0.05
MSG1	1		0.1				0.1	0.05
MSG2	1		0.1				1	0.05
MS1B1A	1			1				
MS1B1I	1	1						
MS1A1K	1				1			
MS1I1A		1						
MSI. B. K.	0.1	0.1		1	0.1			
MS1D1B	1					1		
MS2BN.05	2		0.05					
MS4D2K					2	4		
MSB.52D	0.5					2		
NN								
NN1B	1							
NN1B1I	1	1						
NN1B1A	1			1				
SH								
SH1B1I	1	1						

MS(Murashige and Skoog, 1962)
NN(Nitsch and Nitsch, 1969)
SH(Steward and Hsu, 1972)

接種後不發霉胚數的百分率計算。

(四)健化

試管苗生長至具5～7片本葉時，移至室內窗前接受間接光照射3天後打開鋁箔紙繼續馴化3天，每天添加2～3滴蒸餾水以避免植株失水。瓶苗出瓶後以蒸餾水充分清洗根部；並以億力殺菌劑浸泡30分鐘後，再植於以2份消毒土壤，2份蛭石，1份泥炭土所配成的培養土中培育。

結果與討論

一、胚之發育與取樣時期

作爲母本的4個品種(系)中，'Armking'及'Armking Precoce'的胚在硬熟期達到最大，但PF_1(種子充實度指標＝胚長／種子長x100％)只有60左右，在採取105個達軟熟期的雜交果實，發現所有胚均已敗育或腐爛，說明此二品種之胚並未隨果實的成熟繼續增長。'Flordaprince'的胚在硬熟時已完全充實(PF_1=100)，種皮仍呈白色，軟熟時胚之鮮重增加，但種皮仍維持白色，此未成熟的種子很難利用溼冷層積法萌發成苗。作爲對照的82-25N，果實發育期爲120天，花後100天時種子充實度已達100，種皮呈白色，硬熟時種皮呈黃褐色，軟熟時胚不退化或腐爛。

有關胚培養之研究，起源甚早。Tukey[22]在60幾年前就建議培養發育到最大形狀的胚，方可得到最佳結果。Theobald與Hough[20]的試驗結果指出培養開花後75-85天的胚，可以得到最佳存活率。PF_1

愈大的胚其培養效果愈好[8,16]，因此選取早熟品種中，胚發育較快的品種，有助於胚培養成功[2,15,17]。'Armking'及'Armking Precoce'的果實發育日數特別短，分別爲68及65天，但硬熟時平均胚長可達0.92公分及0.93公分(表3)，此說明在短FDP品種中挑選胚發育迅速的品種是可能的，從而可以降低其在試管培養時的困難度。

表3. 桃及油桃雜交胚之發育特性

Table 3. The average embryo length in different cross combination of nectarines and peaches

Embryo length(cm) / Parents(♀×♂)	Avg. of embryo length (cm)		
	Embryo length	Seed length	Embryo length /seed length
'Armking'× 90-50CN	0.89 ± 1.08	1.61 ± 0.57	0.55
'Armking'×'Sunblaze'	0.94 ± 1.02	1.62 ± 0.57	0.58
'Armking Precoce'× 90-50CN	0.88 ± 1.09	1.41 ± 0.66	0.64
'Armking Precoce'×'Sunblaze'	0.97 ± 0.98	1.67 ± 0.55	0.58
'Flordaprince'×'Flordagold'	1.21 ± 0.85	1.21 ± 0.85	1.00
'Flordaprince'× 5-40N	1.12 ± 0.80	1.12 ± 0.80	1.00

特早熟桃胚的退化與果實軟化和老化有關，可能成熟的果皮與發育中的胚存在著某種競爭，當果皮開始軟化時，24小時內胚將引起迅速的退化；也可能是與包圍胚的不利環境條件有關[21,24]。本試驗觀察到'Armking'及'Armking Precoce'在果實成熟時，引起發育中的胚退化的情形，但對胚已發育到一定程度的早熟品種如'Flordaprince'，則不會有胚退化的現象。

二、胚培養對不同培養基之反應

胚培養參試MS，SH及NN爲基本培養基，並添加不同濃度之生長調節物質，以比較其對裸胚發芽及生長之影響。由表四結果顯示，在所有試驗之培養基中以不添加任何生長素之MS培養基對'Armking Precoce' x 90-50CN或以'Sunblaze' 爲父本之雜交胚的發育效果較好，成活率達74％，於NN及SH培養基中之成活率分別只有13％及10％。添加不同濃度的GA, 2,4-D, Zeatin於任何基本培養基中，則使胚之生長完全停止，而導致死亡(資料未顯示)。

表4. 培養基組成分對油桃雜交種胚培養成活率(%)的影響

Table 4. Effects of different combination of plant growth regulators on the survival ratio of immature embryos of 2 nectarine hybrids

Survival ratio(%) / Medium	'Armking Precoce' × 90-50CN	'Armking Precoce' × 'Sunblaze'	Avg.
MS	80	67	74
MS1B	25	25	25
MS1B1A	67	67	67
NN	0	25	13
NN1B	0	25	13
NN1B1A	20	33	27
SH	20	0	10
SH1B1A	33	0	17

單獨添加BA或IAA或同時添加BA與IAA於MS基本培養基皆未能提升'Armking Precoce'雜交胚的成活率，但同時添加BA及IAA之效果較單獨添加BA效果佳。單獨添加BA於NN基本培養基上未能提高'Armking Precoce'雜交胚之成活率，但同時添加BA及IAA於NN培養基中，則成活率提升一倍。

同時添加BA及IAA於SH基本培養基上亦可改善'Armking Precoce'雜交胚之成活率。

Scozzoli and Pasini[18]採用MS培養基添加0.5 mg/l BA，培養桃的未成熟胚，Hammerschlog等人[4]以MS培養基添加1mg/l 2,4-D及0.1mg/l BA或0.5mg/l BA及0.1mg/l NAA培養桃未成熟胚。而Pinto等人[14]則認爲培養基中添加IAA和Kinetin並沒有刺激胚生長。本試驗結果與Pinto等所報告結果類似，有關未熟胚對生長調節物質在各試驗結果，反應不一致，至今並未有適當的解釋，可能與胚體之遺傳組成或培養前胚之生育環境有關。

以'Flordaprince'及82-25N爲母本各分別授粉5-40N及'Flordaprince'所得之雜交胚，其PF_1達100但未充分成熟之胚，接種在以MS爲基本培養基並添加不同組合之生長調節物質，培養結果如表5所示。胚在添加BA+IAA或BA+IBA，與未添加任何生長調節物質之MS培養基之成活率並無差異，以Kinetin取代BA則大幅降低培養成活率，僅用Auxin類而不添加Cytokinin類生長調節物質在所試驗組合中效果最差，但同時添加Kinetin及BA基本培養基中亦未見提升成活率。綜合以上結果顯示，生長調節物質對於油桃的未熟胚的培養並無正面效益。

表5. MS培養基不同生長素組合對油桃雜交種胚培養成活率(%)的影響

Table 5. Effects of different combination of plant growth regulators on the survival ratio of immature nectarine hybrid embryos

Survival ratio(%) / PGR(mg/l)	82-25N × 5-40N	82-25N × 'Flordaprince'	'Flordaprince' × 'Flordagold'	'Flordaprince' × 5-40N	Avg.
Control	83	75	86	50	74
BA1.0+IAA1.0	80	83	75	65	76
BA1.0+IBA1.0	83	83	70	60	74
IAA1.0+Kinetin1.0	50	40	20	33	36
IBA1.0+IAA1.0	33	20	10	50	28
IBA0.1+BA0.1+Kinetin0.1	67	70	65	70	68

三、低溫處理對胚培養成活率之影響

未經低溫處理的雜交胚，經二個月的黑暗25℃培養，其雜交胚只轉綠膨大，未能抽芽或雖發芽但芽體呈簇生狀，無法發育成正常小苗。而經4℃低溫處理的雜交胚，1-2個月後即陸續長出胚根，移至25℃光照環境下培養3-4星期後，可發育成株高2-6公分且具4-7片本葉之正常小苗。因此，低溫處理爲油桃胚培養不可缺少之步驟。

四、健化處理

將體外培養的胚苗移到土壤中種植是否能成活，是爲雜交育種應用重要的關鍵。培養成功的試管苗，經過一星期漸進的健化，在移出後於溫室培養時仍大量死亡(表6)，主要的現象有1.整株植株乾枯

表6. 油桃雜交胚培養苗之馴化成活率

Table 6. The survival ratio of seedlings from immature embryo culture after one week acclimation

Growth response / Cross combinations	Dead(%): Basal browning and Atrophy	Dead(%): Whole plant dry and died	Survival(%)
'Armking'× 90-50CN	71	29	0
'Armking'×'Sunblaze'	30	50	20
'Armking precoce'× 90-50CN	64	9	27
'Armking precoce'×'Sunblaze'	71	8	21
'Flordaprince'×'Flordagold'	43	7	50
'Flordaprince'× 5-40N	31	23	46

2.莖部與土接觸部分皺縮腐爛，原因可能是早期胚莖過於柔嫩，當土壤水分過多時，表皮發生縱裂，導致雜菌侵入後褐變腐爛，或可能與葉片尙未形成角質層與組織不夠成熟，易受雜菌感染有關，及根系發育不全，未能及時發揮吸收功能所致。

由發育較好的胚如'Flordaprince' (PF_1=100) ，所培養的試管苗其成活率較由'Armking' (PF_1=57)或'Armking Precoce' (PF_1=61)所來的試管苗高出一倍左右，可能由較成熟的胚所培養的試管苗較爲健壯之故。

結　論

本試驗由試管中成功的培養油桃及桃的未成熟胚，使低需冷性特早熟油桃品種的育種工作跨出關鍵的一步，但是也遭遇到出瓶後死亡率太高的難題。藉由控制環境的溫濕度並延長健化時間，或者使胚珠在培養基中不立即發芽，而繼續生長至更成熟後再萌芽生長，可能有助於提高出苗率也是後續工作的重點。

誌　謝

本試驗工作承國科會經費補助(計畫編號:NSC 87-2313-13-055-005[溫英杰 1])，保存園之建立及管理維護蒙行政院農業委員會及前台灣省政府農林廳經費支持，謹致謝忱。

引用文獻

1. 溫英杰、吳雅婷。1999。本省低海拔地區種植低需冷性油桃可行性。中華農業研究48(3): 75-83。
2. Brooks, H. J. and L. F. Hough. 1958. Vernalization studies with peach embryos. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 71: 95-102.
3. Derman, H. 1956. Histogenetic factors in color and fuzzless peach sports. J. Hered. 47: 64-76.
4. Hammerschlag, F. A., G. Bauchan, and R. Scorza. 1985. Regeneration of peach plants from callus derived from immature embryos. Theor. Appl. Genet. 70: 248-251.
5. Hedrick, U. P. 1917. The peach of New York. *pp*.22-23. Albany, N. Y. J. B. Lyon.
6. Heese, C. O. 1975. Peaches. pp.306-320. In: J. Janick and J. N. Moore(eds.) Advances in fruit breeding. W. Lafayette, Ind. Purdue Univ. Press.
7. Ishida, M., A. Inaba and Y. Sobajima. 1971. Seasonal changes in the concentration of sugars and organic acids in peach fruits. Sci. Rpt. Kyoto Pref. Univ. Agr. 23: 18-23.
8. Kester, D. E. and C. O. Hesse. 1955. Embryo culture of peach varieties in relation to season of ripening. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 65: 265-273.
9. Lesley, J. W. and J. Bonner. 1952. The development of normal peach seedlings from seeds of early-maturing varieties. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 60: 238-242.
10. Magness, J. R. 1957. The world in your garden. pp.170-224. Nat. Geog. Soc. Washington, D. C.
11. Mowery, B. and W. B. Sherman. 1984. Breeding early-ripening, low-chilling peaches in Florida. Fruit Varieties J. 38: 6-8.
12. Murashiage, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassys with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473-479.
13. Nitsch, J. P. and C. Nitsch. 1969. Haploid plants from pollen grains. Science 163: 85-87.
14. Pinto, A. C. Q. 1994. Growth of immature peach embryos in responses to media, ovule support method and ovule perforation. HortScience 29: 1081-1083.
15. Ramming, D. W., G. Bauchan, and R. Scorza. 1985. Regeneration of peach plants from callus derived from immature embryos. Theor. Appl. Genet. 70: 248-251.
16. Ramming, D. W. 1990. The use of embryo culture in fruit breeding. HortScience 25: 393-398.
17. Schenk, R. U. and Hildebrandt. 1972. Medium and techniques for induction and growth of monocotyledonous and dicotyledonous plant cell cultures. Can. J. of Bot. 50: 199-204.

18.Scozzoli, A. and D. Pasini. 1991. Effects of different media constituents on the development of peach embryos cultured *in vitro*. Acta Horticulturae 300: 265-268.

19. Stewart. J. M. and C. L. Hsu. 1978. Hybridization of diploid and tetraploid cottons through in ovule embryo culture. J. Hered. 69: 404-408.

20. Theobald, W. L. and L. F. Hough. 1960. The relationship between stage of peach embryo development and seedling growth and survival. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 75: 163-170.

21. Tukey, H. B. 1933. Artificial culture of sweet cherry embryos. J. Hered. 24: 7-12.

22. Tukey, H. B. 1934. Artificial culture methods for isolated embryos of deciduous fruits. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 32: 313-322.

23. Wen, I. C., K. E. Koch, and W. B. Sherman. 1995. Comparsion of fruit and tree characters of two peaches and their nectarine mutants. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120: 101-106.

24. Zagaja, S. W., L. F. Hough, and C. H. Bailey. 1960. The responses of immature peach embryos to low temperature treatments. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 75: 171-178.

Factors Affecting Embryos Culture of Nectarine[1]

Ien-Chie Wen and Ya-Tin Wu[2]

Summary

For breeding early-ripen nectarine varieties in order to avoid fruit fly damage in Taiwan lowland area began from May. This program chose peach and nectarine varieties which had short fruit development period and low chilling requirement as female parent and used embryo rescue technique to culture immature hybrid embryos.Embryo aborted when 'Armking' and 'Armking Precoce' fruits became soft. The optimum time for culturing embryos was when fruits were firm ripe. The best results came from embryos were cultured on Murashige and Skoog medium better than those on Nitsch and Nitsch or on Steward and Hsu medium. Supplemented with 1mg/l BA+ 1mg/l IAA or 1mg/BA + 1mg/l IBA on MS basal medium was better than supplement with any single plant growth regulators or combinations. However, no significant effect between MS medium with or without plant growth regulators.Embryos germinate difficulty without 4°C treatment and usually produced plants that rosette and are difficult to grow. Transplanting the growing embryo from the culture tube to soil is the most critical stages for successful embryo culture in this program.

Key words ： Nectarine, Embryo culture, Early ripen.

---

1. Contribution No.2044 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Respectively, Associate Researcher and Project Assistant, Office of Plant Germplasm, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(4): 56～64 (2000)

不同有機添加物對杏鮑菇瓶栽自動化生產影響之研究[1]

彭金騰[2]　李建民[3]　蔡英芳[3]

摘要：本研究利用食用菇瓶栽自動化設備及儀器，進行不同有機添加物對杏鮑菇瓶栽自動化生產所栽培出之菇體品質及出菇特性影響之觀察與測定，其中出菇特性包括平均產量、生物效率與產菇效率、去皮至首次採收及至採收90％產量之日數，以及採收全部產量所須日數等。栽培基質以山黃麻木屑爲基本原料，有機營養添加物之種類及添加量佔基質總乾重之百分比分別爲配方1)32％米糠與8.2％豌豆下料，配方2)50％米糠，配方3)20％黃豆粉，配方4)50％玉米粉及配方5)50％麥麩。配方1與3之菇體品質佳，但平均產量、生物與產菇效率均顯著低於其他3個配方，且去皮至首次採收需時較長，不適於栽培杏鮑菇。配方2之平均產量、生物與產菇效率顯著高於其他所有配方，且去皮至首次採收所需日數最短，但基質容易產生過多子實體，導致菇體品質略差，配方4之平均產量、生物與產菇效率方面顯著高於配方5，而去皮至首次採收所須日數則與後者無顯著差異，而菇體品質則以配方5最優。以上試驗結果可做爲重新設計最適當之杏鮑菇栽培基質配方之重要參考依據，因米糠，麥麩及玉米粉做爲營養添加物各有其優缺點，若木屑栽培基質內添加米糠後再混合適當比例之玉米粉或麥麩或可達到提高產量及菇體品質，並能改善出菇速度，提高菇舍與機械使用效率，降低生產成本之目的。

關鍵詞：有機添加物、杏鮑菇、瓶栽生產、自動化

前　言

杏鮑菇【*Pleurotus eryngii* (DC.:Fr.) Quél.】是行政院農業委員會農業試驗所近年開發可自動化生產栽培之新興菇，具有高品質，耐儲運及口感與風味特佳之優良特性，目前在臺灣及日本均已有商業化生產，是頗具市場潛力之新興菇種，其生產屬技術與資本密集，是我國加入世界貿易組織(WTO)後，仍較具市場競爭力之農作物[1, 2, 3, 12]。此外杏鮑菇之菇體粉末或其熱水抽出物均能顯著降低餵飼老鼠之血清膽固醇、三酸甘油脂之含量，顯示其未來當做保健食品之潛力，在日本已做爲降低血脂肪之食療用品[12]。

栽培包括杏鮑菇在內之鮑魚菇時，常添加各種有機營養物以提高以草桿、木屑、蔗渣、棉子殼或其他木質纖維物爲主成份之栽培基質之產量，這些有機營養物包括米糠、麥麩、雞糞、釀酒後之穀粒、黃豆粉、棉子粉、苜蓿粉、羽毛粉，玉米粉及緩效性營養添加物等[4,6~8,13~22]。杏鮑菇之木屑栽培基質添加乾重之38至48%之米糠可得最高之產量，但須視品種而定，且添加較多量之米糠時，常導致瓶

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2045號。

2.本所植物病理系研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

3.本所約僱助理。

口菇體過多，對杏鮑菇品質有不良之影響[15]。本研究之目的在於觀察及測定在臺灣易於獲得之數種有機營養添加物對瓶栽自動化生產之杏鮑菇產量、出菇特性及菇體品質之影響，以做爲將來重新設計杏鮑菇栽培基質配方之參考依據，期能提高杏鮑菇之外觀商業價值、產量及生物與產菇效率，並能加快出菇速度，提早完成採收，提高菇舍與機械儀器設備利用效率，降低生產成本增加菇農之收益。

材料與方法

一、供試杏鮑菇品系：本研究所採用之杏鮑菇品系爲自美國引進之ATCC 36047 (美國菌種保存中心)，以馬鈴薯葡萄糖洋菜培養基(PDA)做定期培養，並以液氮做長期保存。

二、供試木屑原種之製作：木屑原種以山黃麻木屑爲原料，經添加基質乾重40％之米糠，並將基質含水量調整於64%， pH值調整於6.5後，採用"三"之基質自動裝填及殺菌方法，待基質經隔夜冷卻後，以培養於PDA之杏鮑菇洋菜菌絲塊接種，並經定溫培養於25℃，35天後，即可做爲原種。

三、栽培用菌種之配方及製作：各不同有機營養添加物之栽培用菌種均採用山黃麻木屑爲原料，經加水堆積7個月，其間每一個月翻堆一次，用以製作菌種前一天再充分翻堆混合一次，並經電動篩選機去除混雜物後輸送至木屑儲存槽備用。各不同營養添加物之栽培基質配方如表1，木屑及各種添加物之含水量，各配方栽培基質之含水量調整於67％所應加水量及調整pH值所須之碳酸鈣添加量詳見表1 (附註)。表1配方1之豌豆下料爲豌豆苗生產後之副產物，由豌豆殼、豌豆苗根莖部及木屑組成，經堆積發酵乾燥而成。各配方栽培基質於殺菌後接種前及去皮後出菇前之含水量見表1。以上各配方栽培基質之原料分別混合後之裝瓶、殺菌及接種之方法見彭氏[5]。本研究之山黃麻木屑原種採用杏鮑菇ATCC 36047品系，接種後在無光照條件下，以18.5至20℃定溫培養35天後去皮出菇。爲核算各配方基質栽培杏鮑菇之生物效率及產菇效率，所有不同配方栽培基質於接種後及去皮後均予連瓶一一秤重，經扣除空瓶及瓶蓋之平均重量後，求得瓶內基質鮮重，表1內各配方基質在接種後及去皮後之含水量爲任意選取6個菌種瓶之平均值。

表1. 不同有機營養添加物對杏鮑菇瓶栽自動化生產影響研究栽培基質配方[z]

Table 1. Formulae of the substrates for the study of the effects of different organic supplements on the production of king oyster mushroom with bottle cultivation technology[z]

Substrate No.	Sawdust		Rice bran		Cow-pea waste		Soybean meal		Corn meal		Wheat bran		WC of substrate at inoculation	WC of substrate before fruiting
	FW (Kg)	DW (%)	FW (Kg)	DW (%)	FW (Kg)	DW (%)	FW (Kg)	DW (%)	FW (Kg)	DW (%)	FW (Kg)	DW (%)	(%)	(%)
1	182	59.76	40	32.06	21	8.18	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	64.44	65.52
2	182	50.00	69	50.00	0	0.00	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0	65.20	65.48
3	182	80.00	0	0.00	0	0.00	17.5	20.0	0	0.0	0.0	0.0	65.36	65.40
4	182	50.00	0	0.00	0	0.00	0.0	0.0	70	50.0	0.0	0.0	65.04	66.75

[z]Sawdusts from *Trema orientalis* were heaped for 7 months before use, their water contents were 62.64, 65.44, 65.76, 66.0及66.04% in order. Water contents of rice bran, cowpea waste, soybean meal, corn meal and wheat bran were 8.8, 55.7, 10.9, 11.55及6.87% in order . All substrates were added with 2.5Kg of calcium carbonate and with 102, 130, 36.6, 123及126.2Kg of water in order. FW=Fresh weight; DW=Dry weight; WC=Water content.

四、栽培用菌種之出菇及採收：栽培菌種經培養35天後，於去皮前先開蓋檢查瓶內基質有無雜菌，並選取無任何雜菌污染之菌種，以鐵製去皮勺挖除瓶口之舊菌種及部份基質後蓋回瓶蓋，並裝於可放12個栽培菌用種瓶之菌種籃內後，移入出菇室之菇架上。各配方栽培基質分別以48，12及1

個栽培用菌種瓶為一重覆單位，分別有4，4及36個重覆，分別各作逢機排列。出菇室之溫度控制於15.5至17.5℃，相對溼度利用超音波加溼器及溼度控制器調整於85至95％，二氧化碳濃度利用熱交換機及二氧化碳控制器控制於1000ppm以下至採收結束。菌種瓶於瓶口出現菇蕾或其表面菌絲層出現水滴後開蓋。菇蕾發育至小菇長至約兩公分高階段每日給予照光12小時，光度約250至300lux。菇體長至菌傘尚未反捲前採收並秤重，每瓶僅採收一次。

五、生物效率與產菇效率之計算：

生物效率 ＝ 採收菇體之鮮重 ÷接種時之栽培基質乾重 ╳ 100％

產菇效率 ＝ 採收菇體之鮮重 ÷去皮後出菇前之栽培基質乾重 ╳ 100％

結果與討論

一、不同有機營養添加物對杏鮑菇ATCC 36047菌株菇體品質之影響

經試驗結果顯示，同一杏鮑菇品系以不同配方栽培產生之菇體，其出菇狀況、菇體外觀及商業價值有顯著之不同。配方1，即米糠與豌豆下料分別佔乾重32與8.2％之栽培基質所產生之菇體數目少，每瓶僅1至2個子實體發育至吾人期望之理想成熟度，外觀甚佳，菌柄表面平整，內部組織堅實，其菌傘與菌柄直徑相近或前者不大於後者之1.5倍，採收後適於包裝，菇體菌傘部份不易碎裂，商業價值高(圖1)。配方2，即米糠佔乾重50％之栽培基質，在本試驗之栽培環境條件下，於瓶口常產生過多菇體，呈叢生現象(圖2)，菌傘與菌柄之直徑比例超過1.5，菇體外觀較差，包裝時易導致菌傘邊緣碎裂，降低商品價值，但菌柄表面平整且內部組織堅實為其優點。配方3，即黃豆粉佔乾重20％之栽培基質所產生之菇體外觀尚佳，每瓶菇體數目顯然不如配方2多，大小中型，菌傘與菌柄之比例適中，易於包裝(圖3)，商品價值較高。配方4，即玉米粉佔乾重50％之栽培基質，於瓶口易形成較多子實體，其中部份成長為較大型之子實體，其菌柄粗而短，表面不平整且略呈淡土褐色，組織較為鬆軟，菌傘邊緣上捲似淺漏斗形，菌傘與菌柄直徑比例不超過1.5(圖4)，菇體易於包裝，商品外觀價值較配方2為佳。配方5，即麥麩佔乾重50％之栽培基質，一般而言，自瓶口產生之菇體數目較少，菇形較大，菌柄粗長呈白色，常有縱向縐溝，組織堅實，菌傘與菌柄之比例適中，菌傘邊緣也會上捲類似淺漏斗形(圖5)，菇體易於包裝，商品價值高。為考慮試驗研究結果未來實際應用之可行性，本試驗研究各配方基質原料成本，以目前市面價格計算，甚為接近，以方便比較不同配方之優缺點用以探求未來改進之道。

包含杏鮑菇之蠔菇類物種之子實體菇蕾之形成及其成長發育與子實體外觀受到基質組成、二氧化碳濃度、光線、溼度、溫度及子實體著生表面等所影響[9,10,11,23,24]。例如有利營養生長之基質，其氣生菌絲旺盛生長會延緩菇蕾之形成，菇蕾之產生須有弱光之刺激，但強光及高光照量會降低菇蕾之產生，而在一定之溫度範圍內菇蕾形成之數目隨溫度之降低而增加，高濃度之二氧化碳可阻止菌傘之發育，對菌柄有延長生長之效果，光照有助子實體菌傘之發育，基質表面為平面時菌柄多呈中生，為垂直面時多呈側生或偏生。Eger氏特別強調光線對子實體成長發育之影響力[11]，而Zadřazil氏則認為二氧化碳濃度之影響較大，而兩者之影響是可互補的[23,24]。本試驗採用直立瓶栽方式，室內各項環境條件包括溫度、溼度、二氧化碳濃度及光線在栽培室內之分佈應屬均勻，且不同重覆間為逢機排列，因此不同配方所產生之菇體外觀及品質之不同主要乃因基質組成不同所致。杏鮑菇瓶栽時，不同量之營養添加量會影響每栽培瓶瓶口可發育至理想成熟度之菇體數目，因而也會影響杏鮑菇之品質[15]。營養添加物量超過某一水準往往造成子實體過多及提前成熟，造成菇體品質之下降[11]。本試驗中之配方2與4之菇體品質可能即因此原因所造成，降低基質內米糠或玉米含量，設計擴大瓶口，增加出菇面積，或與其他適當之有機添加物如麥麩混合，或可改善前述菇體過多或菌傘過大易碎裂之缺點。配方5菇體品質雖最佳，惟菌傘表面常出現縐溝是其缺點，此或許與米糠做適量之混合，而能有所改善，惟尚須進一

圖 1-4. 依圖序分別爲配方 1，2，3 及 4 栽培基質之杏鮑菇出菇狀況。

Fig.1-4. Fruiting bodies of the king oyster mushroom strain, ATCC 36047, grown on the substrate No.1, 2, 3 and 4 respectively.

圖 5. 配方 5 栽培基質之杏鮑菇出菇狀況。

Fig. 5. Fruiting bodies of the king oyster mushroom strain, ATCC 36047, grown on the substrate No. 5.

步試驗驗証。

二、不同有機營養添加物對杏鮑菇ATCC 36047菌株產量及出菇特性之影響

本研究不同有機營養添加物對杏鮑菇ATCC 36047菌株之產量、生物效率、產菇效率、去皮至首次採收及去皮至採收90%總產量之日數，以及採收全部產量所須日數之影響列於表2、3及4。依表序分別為以48、12及1瓶栽培用菌種為一重覆之試驗。本試驗各配方之栽培基質均採用機械自動化裝瓶，裝瓶前基質成份及水份均經混合機充份混合均勻，但因機械本身及實際現場操作之關係，每瓶之基質重量雖相當接近，但還是可能不完全相同的，而不同基質間每瓶所裝之基質重量不同之可能性更大，因為不同材料之顆粒大小不同及所裝基質之密度不同之緣故，故本試驗採用接種後及去皮後出菇前實際測量重量為準，而接種後及去皮後栽培基質之含水量採用平均值計算，因此所計算出之生物與產菇效率應可做為客觀比較之基礎。至於不同有機營養添加物之平均產量之比較，因如前述不同材料之顆粒大小不同及所裝基質之密度不同，以致不同材料相同瓶數之重覆間之基質重量也有所不同，其比較結果僅供參考之用。

表2. 不同有機營養添加物對杏鮑菇ATCC 36047菌株瓶栽自動化生產之影響(每重覆為48個栽培瓶)[z]

Table 2. Effects of different organic supplements on the production of the king oyster mushroom strain ATCC 36047 with bottle cultivation technology (48 bottles for each replicate)[z]

Substrate No.	Average yield[y] (g)	Biological efficiency[y] (%)	Production efficiency[y] (%)	Interval between 1st picking and starting cooling (days)[y]	Interval between harvesting 90% of yield and starting cooling(days)[y]	Days for harvesting all the yield[y]
1	2718.75 d	28.64 d	31.24 c	21.00 a	23.50 b	6.50 b
2	7597.00 a	66.48 a	70.18 a	17.25 c	20.00 d	4.50 bc
3	2292.25 e	27.61 d	29.61 c	21.25 a	28.00 a	9.00 a
4	6923.25 b	62.83 b	69.44 a	19.00 b	20.25 cd	2.25 d
5	6277.75 c	57.39 c	63.50 b	19.00 b	21.50 c	4.00 cd

[z] Formula for each substrate and the water contents of the substrates after inoculation and before cropping were shown in table 1. Filling and inoculation of the substrates were conducted by automatic machines. Inoculated substrates were incubated at 18.5 - 20.5 ℃ for 35 days. Each substrate had 4 replicates. Top layers of substrates in bottles were removed by a special spoon manually and recapped before fruiting. Caps were not removed until primordia or water drops had formed. The cropping room was maintained at 85 to 95% in RH, 15.5 - 17.5 ℃ in temperature and about 250 lux in light intensity (8hrs a day). Biological and production efficiencies were expressed by percentage and calculated by dividing the weight of fresh mushroom harvested with the dry weights of the substrates at inoculation and before fruiting respectively.

[y]Means with the same letter of a column are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

表2試驗結果顯示所有添加物中，以配方2之產量最高，次為配方4與5，其次為配方1與3，其間之差異均達5%之顯著水準。如比較生物效率時，仍以配方2最高，其次為配方4，然後為配方5及配方1與3。後兩者間並無顯著之差異。至於產菇效率也是以配方2與4最高，其間並無顯著之差異，兩者均比配方5為高且有顯著之差異。配方1與3之產菇效率最低，兩者間亦無顯著之差異。在去皮至首次採收所須日數方面，以配方2最短為17.25天，次短為配方4與5，均為19天，此二配方與前一配方有顯著之差異。配方1與3所須日數最多，分別為21.0及21.25天。去皮至採收90%產量所須之日數方面則以配方1與3最多，較其他三個配方均有顯著之差異，配方2與4間無顯著之差異，但配方5較配方2為多且有顯著之差異。至於採收全部產量所須日數則以配方4之2.25天最短，與配方5之4.0天未達5%之顯著差異，配方3之日數最多，與其他4個配方均有顯著之差異。

表3之試驗結果與表2頗為類似，基本上配方1與3之產量較其他3個配方為低且達5%之顯著水

表3. 不同有機營養添加物對杏鮑菇ATCC 36047菌株瓶栽自動化生產之影響(每重覆爲12個栽培瓶)[z]

Table 3. Effects of different organic supplements on the production of the king oyster mushroom strain ATCC 36047 with bottle cultivation technology (12 bottles for each replicate)[z]

Substrate No.	Average yield[y] (g)	Biological efficiency[y] (%)	Production efficiency[y] (%)	Interval between 1[st] picking and starting cooling (days)[y]	Interval between harvesting 90% of yield and staring cooling(days)[y]	Days for harvesting all the yield[y]
1	680.25 c	28.61 c	31.13 c	21.25 a	25.00 a	4.75 ab
2	1835.45 a	64.66 a	73.06 a	17.00 c	19.50 c	3.75 bc
3	595.50 c	28.72 c	30.37 c	21.75 a	26.25 a	5.75 a
4	1775.0 a	64.46 a	71.44 a	19.00 b	20.25 c	2.25 c
5	1593.25 b	58.77 b	63.66 b	19.25 b	22.00 b	3.75 bc

All illustrations were the same as the note of Table 2.

準，配方2之產量較配方4與5爲高，與配方4無顯著之差異，但與配方5則差異達5%之顯著水準，而配方4之產量高於配方5，且差異達5%之顯著水準。至於生物效率與產菇效率方面，5種配方之比較結果完全與平均產量之比較相同。5種配方之去皮至首次採收之日數比較結果與表2亦完全相同，仍是以配方2爲最少，而配方4與5次之，配方1與3最多且與其他3配方有顯著之差異。至於去皮至採收90%產量所須日數以配方2與4最少，此兩配方無顯著之差異，配方4顯著少於配方5，配方1與3顯著多於其他3個配方。採收全部產量所須日數方面，以配方4最少，此與表2之結果相同，與配方2與5並無顯著之差異，配方3與1最多，其兩者間並無顯著之差異。

表4爲以單瓶爲重覆單位之比較結果，且以36瓶中選取產量較高之8瓶爲統計基礎，可顯示其產菇之最大潛力，比較結果顯示配方2之產量仍最高，且與其他所有配方之差異達5%之顯著水準，配方4與5之產量間無顯著之差異，但顯著高於配方1與3，後兩配方之間之產量，則無顯著之差異。至於生物效率與產菇效率之比較，配方2與配方4間並無顯著之差異，但顯著高於配方1，3及5，在生物效率方面，配方4高於配方5，但並無顯著之差異，惟在產菇效率方面則有顯著之差異。在去皮至首次採收之日數方面以配方2爲最少，即17.88天，次爲配方4與5，此結果與表2及3完全相同。

表4. 不同有機營養添加物對杏鮑菇ATCC 36047菌株瓶栽自動化生產之影響(每覆爲1個栽培瓶)[z]

Table 4. Effects of different organic supplements on the production of the king oyster mushroom strain ATCC 36047 with bottle cultivation technology (one bottles for each replicate)[z]

Substrate No.	Average yield[y] (g)	Biological efficiency[y] (%)	Production efficiency[y] (%)	Interval between 1[st] picking and starting cooling[y]
1	60.88 c	30.56 d	33.52 c	22.63 a
2	181.93 a	75.29 a	81.72 a	17.88 c
3	67.25 c	37.65 c	40.20 c	22.50 a
4	166.90 b	73.62 ab	82.56 a	19.25 b
5	162.05 b	70.30 b	77.44 b	19.75 b

All illustrations were the same as the note of Table 2, except that each substrate had 36 replicates and only the data from the eight replicates with top high yield were selected for statistic analysis.

綜合表2、3及4本試驗研究之5個栽培基質配方之平均產量及其他各項出菇特性之比較，以及各配方栽培基質所產生之菇體品質之觀察比較，得知配方1與3之栽培基質因產量特別低，雖然所產生之菇體品質佳，商品價值高，顯然不適合於栽培杏鮑菇，而配方2之產量、生物與產菇效率最高，且去

皮至首次採收之日數最短，即其出菇速度最快，而去皮至採收90％或採收全部產量所須日數亦最短，應是理想之杏鮑菇栽培基質配方，但該配方容易產生過多之子實體以致所產生之菇體品質並非最優是其缺點，如果改變配方內米糠所佔基質之乾重比或與其他不同有機添加物以適當比例混合是否會有所改善，則尚待進一步之試驗研究。配方4在平均產量、生物與產菇效率及其他出菇特性方面之表現僅次於配方2，如果改變配方內玉米粉含量或與其他營養添加物做不同比例之混合，或許可改善其出菇過多之缺點及其菇體之品質，此亦須進一步試驗方可知曉。配方5之栽培基質在平均產量、生物與產菇效率及其他出菇特性方面之表現均遜於配方2，但與配方4則較為接近，惟其所產生之菇體品質優，商品價值高，若配方內之粉頭添加物與米糠或玉米粉做不同比例之混合，使能兼顧杏鮑菇之產量及菇體品質之提昇，應是栽培杏鮑菇之優良營養添加物。

以上配方1栽培基質所含之米糠佔基質乾重之32.06%，其產量及生物與產菇效率顯然較另一試驗(彭, 2000)[15]單獨含相近米糠量之配方為低，似乎為添加豌豆下料之反效果，因其為不完全發酵可能含有有礙杏鮑菇生長物質之緣故。配方3為添加黃豆粉之栽培基質，其產量及生物與產菇效率亦甚低，此現象與Zadražil氏所報告之結論相符合，即添加含高量蛋白質或氮之黃豆粉對蠔菇類物種之產量助益甚少[23]。

誌　謝

本研究承蒙行政院農業委員會經費補助(編號：84-自動化-糧-5-(5))，特此誌謝。

引用文獻

1. 彭金騰。1993。杏鮑菇栽培技術簡介。行政院農業委員會與臺灣省政府農林廳編印。臺灣，南投。
2. 彭金騰。1995。杏鮑菇生產自動化之研究。 八十三年度臺灣農業試驗研究成果年報。88-89頁。臺灣省政府農林廳編印。臺灣，南投。
3. 彭金騰。1996。杏鮑菇自動化生產之研究。中華民國農業科技研究成果。 135-137頁。行政院農業委員會編印。臺北。
4. 彭金騰。1997。不同樹種來源單獨與混合木屑對杏鮑菇瓶栽生產影響之研究。中華農業研究 46(1): 51-59。
5. 彭金騰、戴閔聰、蔡英芳。2000。加溼控制方法對杏鮑菇瓶栽自動化生產之影響。中華農業研究 49(3): 54-59。
6. Bano, Z., and S. Rajarathnam. 1983. Studies on the cultivation of *Pleurotus sajor-caju.* Mushroom J. Tropics 3: 12-15.
7. Bano, Z., S. Rajarathnam, and N. Najarajan. 1979. Some aspects on the cultivation of *Pleurotus flabellatus* in India. Mushroom Sci.10: 597-608.
8. Bononi, V. L., R. Maziero, and M. Capelari. 1991. *Pleurotus ostreatoroseus* cultivation in Brazil. Mushroom Sci.13(part 2): 531-532.
9. Cailleux, R., and A. Diop. 1974. Recherches expérimentales sur les conditions D'ambiance requises pour la fructification du *Pleurotus eryngii* et de L'*Agrocybe aegerita*. Mushroom Sci.9(part 1): 607-619.
10. Cailleux, R., A. Diop, and A. Macaya-Lizano. 1974. *Pleurotus ostreatus* et formes affines:comportement cultural, influence des sources carbonées et azotées sur le développement mycélien et la fructification. Mushroom Sci. 9(part 1): 595-606.
11. Eger, G., H. D. Gottawald, and U. von Netzer. 1974. The action of light and other factors on sporophore initiation in *Pleurotus ostreatus*. Mushroom Sci. 9(part 1): 575-583.
12. Eguchi, F., Y. Watanabe, K. Sudo, and M. Higaki. 1999. Pharmacological effects of *Pleurotus eryngii* on the hyperlipemia. pp. 333-339. In: Proceedings of 3rd International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products and AMGA's 26th National Mushroom Industry Conference. Eds. Broderick, A. and T. Nair. University of Western Stdney, Hawkesbury.
13. Gunasegaran, K., and K. M. Graham. 1987. Effect of organic additives on yield of Phoenix mushroom grown on cellulosic waste. Mushroom J. Tropics 7: 101-106.
14. Houdeau, G., J. M. Olivier, S. Libmond, and H. Bawadikji. 1991. Improvement of *Pleurotus* cultivation. Mushroom Sci.13(part

2): 549-554.

15. Peng, J. T., C. M. Lee, and Y. F. Tsai. 2000. Effect of rice bran on the production of different king oyster mushroom strains during bottle cultivation. Jour. Agric. Res. China 49(3): 60-67.

16. Royse, D. J., and I. C. Schisler. 1987. Yield and size of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju* as effected by delayed release nutrients. Mushroom News 35: 16-21.

17. Royse, D. J., and B. D. Bahler. 1988. The effect of alfalfa hay and delayed release nutrient on biological efficiency of *Pleurotus sajor-caju*. Mushroom J. Tropics 8: 59-65.

18. Royse, D. J., and S. A. Zaki. 1991. Yield stimulation of *Pleurotus flabellatus* by dual nutrient supplementation of pasteurized wheat straw. Mushroom Sci.13(part 2): 545-547.

19. Royse, D. J. 1999. Yield stimulation of King oyster mushroom, *Pleurotus eryngii*, by brewer's grain and SpawnMateIIise supplementation of cotton seed hull and wood chip substrates. Mushroom News 47: 4-8.

20. Royse, D. J., and J. E. Sanchez-Vazquez. 1999. Effect of brewer's grain and delayed release nutrient supplementation on yield and size of *Pleurotus eryngii*. pp. 362-536. In: Proceedings of 3rd International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products and AMGA's 26th National Mushroom Industry Conference. Eds. Broderick, A., and T. Nair. University of Western Stdney, Hawkesbury.

21. Upadhyay, R. C., and B. Vijay. 1991. Cultivation of *Pleurotus* species during winter in India. Mushroom Sci.13(part 2): 533-536.

22. Visscher, H. R. 1989. Supplementation of the substrate for *Pleurotus* species at filling. Mushroom Sci.12(part 2): 229-240.

23. Zadražil, F. 1974. The biology and industrial production of *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus florida*, *Pleurotus cornucopiae*, and *Pleurotus eryngii*. Mushroom Sci. 9(part 1): 621-652.

24. Zadražil, F. 1978. Cultivation of Pleurotus. pp.521-557. In.: The Biology and Cultivation of Edible Mushroom. Eds.Chang, S. T. and W. A. Hayes. Academic Press. New York. San Francisco. London.

Effect of Different Organic Supplements on the Production of King Oyster Mushroom by Using Bottle Cultivation Technology[1]

Jin-Torng Peng[2], Chien-Ming Lee[3] and Ying-Fung Tsai[3]

Summary

Effects of different organic supplements on the yield, biological efficiency(B.E), and production efficiency(P.E) as well as some fruiting behaviors of the King oyster mushroom, *Pleurotus eryngii*, were assessed and observed. The mushroom was grown by using bottle cultivation technology. Sawdust from India-charcoal trema (*Trema orientalis*) was used as basic raw material of substrate. The organic supplements and their percentage by dry weight in the substrate were 1)32% of rice bran and 8.2% of cow-pea waste; 2)50% of rice bran; 3)20% of soybean meal; 4)50% of corn meal and 5)50% of wheat bran. Fairly good mushroom quality was observed in the substrates of the formulas 1 and 3, however their average yield, B.E and P.E were significantly lower than those seen in the substrates of all other three formulas. Besides, it took longer time from starting cooling to first picking and to harvesting 90% of total yield. Therefore, the two substrates were apparently not suitable for growing King oyster mushroom. The substrate of the formula 2 easily gave too many fruiting bodies in one bottle resulting in the formation of many small and low quality mushrooms. However, its average yield, B.E and P.E were observed to be significantly higher than those seen in all other substrates. In addition it took least time from starting cooling to first picking and to harvesting 90% of total yield. The average yield, B.E and P.E seen in the substrate of the formula 4 were significantly higher than those seen in the substrate of the formula 5. However, the times taken for the two substrates from starting cooling to first picking and to harvesting 90% of total yield were not significantly different when the experiment was conducted with 48 or 12 bottles of substrate in one replicate. The substrate of the formula 5 gave the best mushroom quality among the five substrates, it produced few fruiting bodies with white long stalk and with appropriate diameter of stalks and caps. The above experimental results can be used as the basis for designing a better formula of substrate for growing the King oyster mushroom. Both advantages and disadvantages can be seen in the three organic supplements-- rice bran, corn meal and wheat bran. It is apparently possible to improve both yield and quality of the mushroom and to increase cropping cycles by working out the best combination of these three organic supplements in the future.

Key words ： Organic supplements, *Pleurotus eryngii*, Bottle cultivation technology

---

1. Contribution No.2045 from Taiwan Agricultural Research Institute. This research was financially sponsored by Council of Agriculture, Executive Yuan, Taiwan, ROC.

2. Senior Researcher, Department of Plant Pathology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Project assistant, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(4): 65～80 (2000)

囊叢枝內生菌根菌在臺灣代表性土壤中之分布[1]

林素禎[2]　洪崑煌[3]　吳繼光[2]

摘要：本報告內容主要爲調查臺灣代表性土壤中，囊叢枝內生菌根菌孢子的種類與數量，並探討菌根菌的孢子數與土壤的理化性質之相關性。調查結果發現：在69個採樣土壤中有19個土壤(28%)找不到囊叢枝內生菌根菌孢子，有63個土壤(91%)之孢子數少於100個/100g soil 。在69個採樣土壤中所出現之內生菌根菌菌種共有15種，而這15種菌根菌出現6次以上的有8種，分別爲*Acaulospora mellea* (10次)， *A. morrowiae* (25次)，*A. scrobiculata* (8次)，*Glomus claroideum* (10次)，*G. etunicatum* (7次)，*G. mosseae* (10次)，*G. occultum* (16次)與*G. spurcum* (6次) 。平均孢子數最多之菌根菌菌種爲*Glomus spurcum* (349.7個/100g soil)與*Acaulospora scrobiculata* (98.1個/100g soil)。本次採集的土壤樣品中除了*Acaulospora mellea*的孢子數與交換性鈉含量有明顯之正相關外，其餘的樣品中菌根菌的孢子數與土壤的黏粒含量，有機質含量，有效性氮含量，有效性磷含量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量，陽離子交換容量的相關性皆不顯著。由調查結果顯示：菌根菌多分布在土壤有機質含量小於5.5%，有效性氮含量小於75 mg/kg及有效性磷含量小於75 mg/kg之土壤中。根據菌種在土壤樣品的出現機率發現： *A. morrowiae*多分布於酸性土壤，*G. mosseae*則分布在微酸性至中性土壤，*G. occultum*分布範圍較廣，從酸性土壤到鹼性土壤皆可發現。

關鍵詞：囊叢枝菌根菌、生態。

前　言

囊叢枝內生菌根菌能幫助宿主廣泛地吸收土壤中的養分特別是磷肥，進而對作物有促進生長的效用[28]。此外，囊叢枝內生菌根菌對作物的好處還有很多，譬如提高植物幼苗移植的存活率，加速健康種苗的生長，提早開花，增加花朵數及花朵大小，延長切花的插花壽命，幫助植物抵抗逆境等[1-4,10,15,28]。囊叢枝內生菌根菌有益於作物生長的作用在過去研究甚多，然囊叢枝內生菌根菌在田間應用上，卻不一定有效[21]，這主要是因爲囊叢枝內生菌根菌易受到環境因子的影響，要使囊叢枝內生菌根菌的效果充分發揮，就必須瞭解影響其生長之環境因子。根據Sutton[39]描述囊叢枝內生菌根菌的形成過程包括三個階段，1.囊叢枝內生菌根菌孢子的發芽，菌絲的生長，以及菌絲開始侵入植物根細胞，2.菌絲在根皮層細胞內拓展，同時菌絲亦向根外拓展，侵入其他根細胞，3.植物根感染菌根菌的比率達到穩定狀態。影響囊叢枝內生菌根菌形成過程的環境因子包括土壤理化性質、土壤微生物、植物，以及影響植物生長的氣候因子，本報告就土壤理化性質加以討論。

---

1. 行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2046號。
2. 本所農化系助理研究員、副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 國立臺灣大學農化系教授。台北市。

土壤pH值：囊叢枝內生菌根菌菌種不同，孢子適合發芽的土壤pH值亦不相同。*Gigaspora coralloide*孢子最適合發芽的pH值爲5~6 [27]。*Gigaspora margarita*在pH＝6.0時，孢子的發芽率最高，菌絲生長最好[38]。*Glomus heteragama*孢子發芽最適宜的pH值爲6.0，*Glomus Coralloidea*孢子發芽最適宜的pH值爲5.0，*Glomus mosseae*孢子發芽最適宜的pH值爲7.0~8.0，*Glomus epigaeum* (=*Glomus versiforme*)孢子發芽最適宜的pH值爲7.0~7.4[24,27]。同屬的菌根菌菌種可分布在pH值差異很大的土壤中，例如：在陽明山國家公園硫磺口，土壤pH值爲2.7，可發現*Entrophospora columbiana*；在溪頭臺大實驗林區土壤pH值3.11，可發現*Entrophospora infrequens*，而在墾丁國家公園土壤pH值7.94，可發現*Entrophospora kentinensis* [41]。

有機質含量：有機質影響土壤構造，pH值，養分與保水力，可直接或間接影響菌根菌的拓展與接種效果。根據Sheikh等人[37]報導，在巴基斯坦的土壤中，囊叢枝內生菌根菌孢子數與有機質的含量有密切的相關，孢子數在有機質含量爲1~2%之土壤中最多，有機質小於0.5%的土壤中，孢子數很少；而根據Gianinazzi-Pearson的報導，在溫帶的土壤中，有機質含量2~13%，菌根菌的孢子數與有機質含量沒有明顯相關[26]。

土壤氮、磷的含量：Hayman指出，在溫帶土壤添加氮肥(188kg-N/ha)，對菌根菌的拓展有負面的影響，在未施氮肥區菌根菌孢子的數量比施氮肥區多2~7倍，而未施氮肥區之菌根菌感染率亦比施氮肥區多2~4倍[30]。Menge等人發現加州土壤中磷的含量與菌根菌的孢子數成反比。在不施磷肥的土壤中，蠶豆(*Vicia faba* L.)的菌根感染率爲47%，而施用45kg-P/ha後，蠶豆的菌根感染率下降爲15%，在施肥區土壤中，菌根菌的孢子數爲30個/100g soil，在未施肥區土壤中，菌根菌的孢子數爲65個/100g soil [34]。

囊叢枝內生菌根菌接種前須先瞭解試驗土壤中原有的菌根菌種類與數量，農業試驗所曾調查臺灣四個生態保護區(陽明山國家公園，臺大溪頭實驗農場，墾丁國家公園，太魯閣國家公園)之菌根菌分布[5]，而臺灣農耕地之菌根菌分布則未見報導。本報告乃針對一般低海拔的農耕地與坡度較小的坡地，調查其菌根菌孢子的種類與數量，並探討菌根菌孢子數與採樣土壤理化性質之相關性。

材料與方法

一、土壤之採集

土壤之採集主要是根據國立中興大學土壤系[7,8,17-19]與農業試驗所陳春泉[12-14]出版之各縣土壤調查報告書，並參考國立臺灣大學農化系[20]所整理之臺灣基標土系，選擇母質、pH值及質地等土壤性質差異大且具代表性之土壤。採樣時間在水稻收割後，約在7~8月與1~2月間。採樣位置爲表土30公分，採樣地點如圖1，共計有69個採樣點，而採樣點之土系、地點、座標、植生、母質與土壤分類詳列於表1、表2。

二、土壤理化性質分析

採集之土壤樣品置於通風處自然風乾後，磨碎過2mm篩，經充分混合後，儲存於塑膠罐中，供作各種土壤理化性質分析，所分析之土壤理化性質項目及方法如下：

(一) pH值：土壤與水1:1(w/w)混合測定 [33]。

(二) 粒徑分析：採用比重計法測定，並依美國農部之土壤質地分類三角圖予以命名 [25]。

(三) 有機質：土壤樣品過1mm篩網， 採用比色法測定，利用重鉻酸鉀與濃硫酸來氧化土壤中有機物 [11]。

(四) 有效性氮：以2M 氯化鉀水溶液抽取土壤中之水溶性氮與交換性氮[22]，抽出之氮以硫酸亞鐵與鋅粉爲還原劑還原爲銨態氮[6]，再以微量擴散法定量之[6,9]。

(五) 有效性磷：採用奧爾遜氏法(Olsen's sodium bicarbonate method) [35] 。

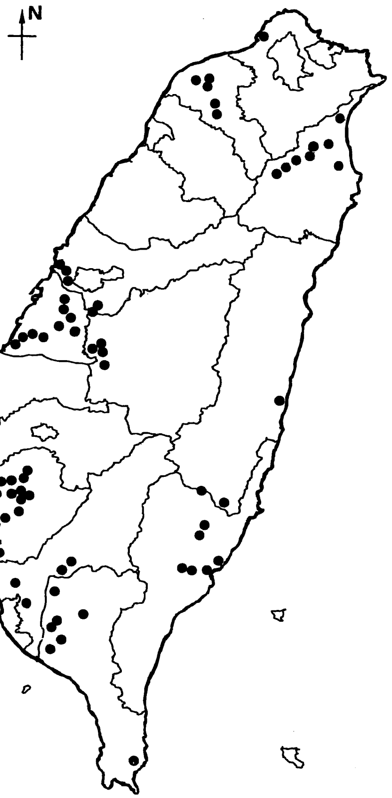


圖1. 土壤採樣地點

Fig. 1 Soil sampling locations in Taiwan.

表1. 採樣點之土系、地點及植生

Table 1. Soil series, locations and vegetation of the sampling sites

編號	土系	採樣地點	地點座標		植生
1	淡水系 Tansui(TTs)	台北縣淡水忠烈祠	N:25°10'51"	E:121°25'16"	禾本科雜草
2	平鎮系 Pinchen(Pc)	桃園縣中壢市	N:24°59'05"	E:121°10'51"	水稻
3	銅鑼圈系 Tunglochuan(Tc)	桃園縣龍潭三林村	N:24°51'12"	E:121°12'59"	相思樹
4	坡堵系 Potu(Pu)	桃園縣中壢市崙坪	N:24°59'50"	E:121°08'33"	水稻
5	湖口系 Hukou(Hk)	桃園縣新屋鄉赤欄村	N:25°58'56"	E:121°04'00"	通泉草
6	湖口系 Hukou(Hk)	桃園縣中壢龍潭公路113甲路邊	N:24°53'19"	E:121°13'07"	芒果園雜草
7	龍崗系 Lungkang(Lk)	桃園縣中壢市大崙	N:24°59'30"	E:121°10'40"	水稻
8	龜山系 Kueishan(Ks)	桃園縣新屋鄉東明村	N:25°58'39"	E:121°04'07"	水稻
9	大肚系 Tatu(TTq)	台中縣大肚鄉新興村	N:24°08'25"	E:120°32'12"	水稻
10	社腳系 Chechiao(TCo)	台中縣霧峰鄉舊正村	N:24°01'48"	E:120°40'36"	甘蔗
11	社口系 Shekou(TSk)	台中縣龍井鄉三德村	N:24°12'35"	E:120°30'55"	水稻
12	南屯系 Nantun(TNt)	台中縣龍井鄉田中村	N:24°11'42"	E:120°31'59"	水稻
13	大埔美系 Tapumei(CTf)	南投縣民間鄉中正村	N:23°50'26"	E:120°41'16"	玉米
14	翁子系 Wengtzu(TWz)	南投縣竹山鎮集山路	N:23°46'59"	E:120°42'14"	茶園
15	陳厝寮系 Chentsoliao(CCe)	南投縣名間鄉新光村	N:23°51'13"	E:120°39'55"	茶園
16	吳厝系 Wutso(TWt)	南投縣名間鄉	N:23°51'38"	E:120°41'08"	苕子
17	栗林村系 Lilintsun(TLb)	彰化縣芬園鄉田厝子	N:24°00'23"	E:120°39'04"	水稻
18	二林系 Erhlin(Eh)	彰化縣二林鎮東華里	N:23°53'46"	E:120°25'45"	水稻
19	外三塊系 Waishankuai(Wk)	彰化縣埔心鄉芎蕉村	N:23°56'49"	E:120°30'43"	水稻

表1. 採樣點之土系、地點及植生(續)

Table 1. Soil series, locations and vegetation of the sampling sites.(Continued)

編號	土系	採樣地點	地點座標		植生
20	平和系 Pingho(Ph)	彰化縣二林鎮舊社	N:23°53'47"	E:120°20'30"	花生
21	路上厝系 Lushantseu(Ls)	彰化縣大成鄉五間寮	N:23°53'03"	E:120°18'22"	美人樹
22	員林系 Yuanlin(Yu)	彰化縣二林鎮七戶子	N:23°54'10"	E:120°23'16"	葡萄
23	二水系 Erhshui(Es)	彰化縣大村鄉擺塘村	N:23°59'20"	E:120°33'11"	水稻
24	蓮花池系 Lienhuachi(Li)	彰化縣花壇鄉橋頭村	N:24°01'46"	E:120°32'05"	水稻
25	鹿港系 Lukang(Lu)	彰化縣員林鎮大明里	N:23°55'31"	E:120°34'43"	水稻
26	花壇系 Huatan(Hn)	彰化縣花壇鄉北口村	N:24°03'11"	E:120°31'46"	美人樹、雜草
27	將軍系 Chengchung(Cf)	台南縣將軍鄉長榮村	N:23°11'28"	E:120°09'14"	雜草
28	岸內系 Annei(An)	台南縣學甲鎮大灣	N:23°12'55"	E:120°10'40"	豆子
29	座駕系 Tsochia(Ts)	台南縣官田鄉隆田	N:23°12'26"	E:120°18'18"	田菁
30	座駕系 Tsochia(Ts)	台南縣六甲鄉龜仔港	N:23°15'06"	E:120°17'31"	水稻
31	下中系 Hsiachung(Hk)	台南縣佳里鎮佳里興	N:23°11'54"	E:120°10'10"	水稻
32	仁德系 Jente(Je)	台南縣新市鄉道爺農場	N:23°05'53"	E:120°16'12"	甘蔗
33	柳營系 Liuying(Ly)	台南縣柳營鄉小腳腿(南81號路旁)	N:23°16'45"	E:120°21'15"	西瓜
34	林鳳營系 Linfengying(Lh)	台南縣六甲鄉林鳳營	N:23°15'02"	E:120°18'22"	禾本科雜草
35	臺南系 Tainan(Tn)	台南縣善化鎮嘉拔里(178號路旁)	N:23°07'42"	E:120°19'9"	田菁
36	善化系 Shanhua(Sk)	台南縣官田鄉烏山頭(165號路旁)	N:23°12'26"	E:120°20'30"	水稻
37	鹽埕系 Yenchen(Yl)	台南縣仁德鄉保安村保安宮後	N:22°55'36"	E:120°13'39"	禾本科雜草
38	太康系 Taikang(Tk)	台南縣柳營小腳腿重溪國小旁	N:23°17'19"	E:120°21'23"	田菁
39	官田系 Kuantien(Kt)	台南縣官田鄉官田村	N:23°11'22"	E:120°20'30"	雜草
40	弧山系 Hushan(Ht)	台南縣官田鄉角秀村台糖鐵路旁	N:23°12'53"	E:120°19'46"	禾本科雜草
41	麻豆系 Matou(Ma)	台南縣麻豆鎮埤頭里	N:23°12'07"	E:120°13'18"	玉米
42	西畔系 Hsipan(Hp)	高雄縣美濃鎮下九寮	N:22°51'10"	E:120°31'07"	椰子樹、雜草
43	下水埔系 Shashuipu(Sp)	高雄縣美濃鎮獅山里	N:22°53'24"	E:120°33'20"	雜草
44	大崎頂系 Tachiting(Tcs)	高雄市楠梓中里鹽埕鄰	N:22042'55"	E:120°21'19"	荔枝
45	太康系 Taikang(Tk)	高雄縣岡山	N:22°47'39"	E:120°18'55"	甘蔗
46	洲子系 Choutzu(Cj)	屏東縣里港	N:22°46'07"	E:120°29'00"	棗子、雜樹
47	舊冬腳系 Chiutungchiao(Ci)	屏東縣萬丹鄉廣安村廣安重劃區	N:22°37'06"	E:120°28'34"	毛豆
48	加興村系 Chiahsing(Ca)	屏東縣萬丹鄉上村村	N:22°36'29"	E:120°28'06"	洋香瓜
49	老埤系 Laopi(Lo)	屏東縣內埔鄉中林村	N:22°39'57"	E:120°36'47"	鳳梨
50	五魁寮系 Wukueiliao(Wl)	屏東縣潮州鎮蓬萊	N:22°33'13"	E:120°31'23"	雜草
51	過溪子系 Kuochitzu(Kc)	屏東縣崁頂鄉越溪村	N:22°30'15"	E:120°28'21"	香蕉
52	老佛山系 Laofosham(Lfs)	屏東縣滿州鄉里德	N:22°01'19"	E:120°50'55"	雜木
53	豐樂系 Fenglo(Fl)	台東縣關山鎮	N:23°02'38"	E:121°09'16"	甘蔗
54	瑞穗系 Juisui(Js)	台東縣關山鎮	N:23°00'49"	E:121°08'29"	雜草
55	初鹿系 Chulu(Cl)	台東縣初鹿	N:22°51'25"	E:121°05'08"	玉米
56	鹿野系 Luyeh(Ly)	台東縣初鹿	N:22°51'19"	E:121°05'24"	雜草
57	三台系 Santai(St)	台東縣都蘭村	N:22°50'32"	E:121°10'50"	銀合歡
58	水璉系 Shuilien(Sl)	台東縣都蘭村	N:22°52'56"	E:121°13'26"	雜草
59	永豐系 Yungfeng(Yf)	花蓮縣	N:23°08'30"	E:121°13'56"	雜草
60	壢圻系 Likyu(Hlk)	花蓮縣	N:23°09'57"	E:121°07'49"	玉米
61	大農村系 Taluntsun(Tlt)	花蓮縣豐濱	N:23°36'13"	E:121°30'35"	雜草、檳榔
62	枕頭山系 Chentoushan(Ct)	宜蘭縣頭城	N:24°50'39"	E:121°47'06"	水稻
63	六結系 Liuchieh(Lc)	宜蘭縣三星	N:24°41'12"	E:121°38'42"	水稻
64	淇武蘭系 Chiwulan(Ca)	宜蘭縣蘇澳鄉冬山村	N:24°38'20"	E:121°46'28"	水稻
65	大元社系 Tayuanshe(Tys)	宜蘭縣員山鄉再連村	N:24°43'02"	E:121°39'32"	桔子、雜草
66	棲蘭山系 Chilanshan(Cls)	宜蘭縣員山鄉內城村	N:24°43'32"	E:121°43'33"	野牡丹、禾本科雜草
67	百韜系 Paitao(Pta)	宜蘭縣大同鄉英士村	N:24°36'45"	E:121°30'03"	腎蕨、颱風草、桑樹
68	土場系 Tuchang(Tcg)	宜蘭縣大同鄉盆盆山下	N:24°37'36"	E:121°31'51"	腎蕨、倒地蜈蚣、禾本科雜草
69	南方澳系 Nanfangao(Nfa)	宜蘭縣大同鄉松羅村	N:24°39'26"	E:121°34'39"	芒草

表2. 採樣點之母質與分類

Table 2. Soil parent material and taxonomy of the sampling sites

	母　質	編號	美國土壤分類 (Soil survey staff,1992)
片 岩	老沖積土	53	Epiaquept
		55	Udorthent
	新沖積土	54	Udorthent
石質土	板岩崩積化育而成	67	Udorthent
		68	Udorthent
	粘板岩崩積化育而成	66	Udorthent
砂頁岩沖積土	石灰性新沖積土	27	Udifluvent
		28	Endoaquept
		31	Udipsamment
		41	Udifluvent
	老沖積土	35	Haplaquent
	含石灰結核新沖積土	33	Haplaquent
		37	Udifluvent
	非石灰性老沖積土	9	Epiaquept
		10	Udipsamment
		14	Epiaquent
		17	Epiaquept
	非石灰性新沖積土	11	Epiaquept
		12	Haplaquept
		29	Udifluvent
		30	Udifluvent
		32	Haplaquent
		39	Haplustalf
		40	Haplaquent
砂頁岩黃壤		52	Haplochrept
紅 壤	安山岩	1	Paleudult
		2	Hapludox
		3	Paleudult
		4	Paleudult
		5	Rhodudult
		6	Rhodudult
		7	Paleudult
		8	Plinthaqualf
		13	Rhodudult
		15	Paleudult
		16	Paleudult
		49	Haplustox
		56	Paleudult
崩積土	板岩、千枚岩等變質岩崩積化育而成	60	Dystrochrept
	板岩崩積化育而成	65	Udorthent
	泥岩、砂頁岩崩積化育而成	61	Udorthent
	砂頁岩崩積化育而成	44	Udorthent
	粘板岩崩積化育而成	69	Udorthent

表2. 採樣點之母質與分類(續)

Table 2. Soil parent material and taxonomy of the sampling sites (Continued)

	母　　質	編號	美國土壤分類 (Soil survey staff,1992)
粘板岩沖積土	石灰性新沖積土	19	Udifluvent
		23	Udifluvent
		24	Haplaquept
		43	Udipsamment
	老沖積土	26	Epiaquept
		46	Epiaquept
		47	Epiaquept
		48	Epiaquept
		50	Endoaquept
		51	Epiaquept
		62	Udorthent
		64	Haplaquept
	含石灰結核老沖積土	18	Epiaquept
		20	Plinthaquept
		21	Udifluvent
		22	Epiaquept
		25	Epiaquept
	新沖積土	42	Udipsamment
		63	Udorthent
黑色土	火成集塊岩沖崩積物	58	Hapludoll
	石灰質棕色泥岩沖崩積物	59	Hapludert
	安石岩、質集塊岩及石灰質泥岩之沖崩積物	57	Hapludoll
臺灣粘土	含石灰結核	34	Endoaquept
		36	Endoaquept
		38	Endoaquept
		45	Undoaquent

(六) 陽離子交換能量(CEC)：採用修正醋酸銨法測定[11]。

(七) 交換性鉀、鈉、鈣、鎂：取過2mm篩網土壤10g，加100 ml 1N醋酸銨(pH=7.0)，振盪一小時後，以Whatman No.42濾紙過濾，濾液以ICP測定鉀、鈉、鈣、鎂含量[11]。

三、內生菌根菌孢子之分離與鑑定

將採樣土壤混勻，取100g土樣，每一採樣土壤4重複。利用濕篩法與糖度離心法[23]分離內生菌根菌孢子，以PVLG (polyvinyl alcohol lactic glycerol)[31]與Melzer's碘液[29]作成半永久片，在光學顯微鏡下根據孢子的孢壁構造及其他形態特徵鑑定菌根菌種類[36]。

四、菌根菌之孢子數與土壤理化性質之相關性分析

(一) 菌根菌孢子總數與土壤理化性質之相關性分析

不分菌根菌種類，先求得菌根菌孢子總數與土壤之有機質含量、有效性氮含量、有效性磷含量、黏粒含量，陽離子交換容量與交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量之相關係數，由所求得之相關係數再作顯著性測試 (t-test ， P=0.05)[16]，可知菌根菌孢子總數與土壤之理化性質是否有相關。

(二) 單一菌根菌孢子數與土壤理化性質之相關性分析

在69個採樣土壤中選出出現10次以上之菌種五種，求得這五種菌根菌孢子數與採樣土壤之黏粒含量，有機質含量，陽離子交換容量，有效性氮含量，有效性磷含量與交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量之相關係數，由所求得之相關係數再作顯著性測試，可知單一菌根菌孢子數與所測得之土壤理化性質是否有相關。

結　　果

一、採樣土壤之理化性質

69個採樣土壤之理化性質如表3，其pH值在3.5~8.1之間，其中38個土壤之pH值小於6 (55%)，14個土壤之pH值6~7 (20%)，17個土壤之pH值大於7 (25%)。

採樣土壤之母質與分類如表2。黏粒含量，以紅壤較高，片岩與砂頁岩較低，而紅壤中以淡水系(編號1)含量最高(70%)。

有機質含量在0.3%~6.8%之間，母質爲石質土(平均5.3%)、黏板岩(平均3.9%)與崩積土(平均3.8%)之含量較高，臺灣黏土(平均2.5%)與砂頁岩(平均2.6%)較低。

陽離子交換容量在2.6~18.9 cmol(+)/kg之間，以母質爲黑色土較高(平均14.1 cmol(+)/kg)，片岩較低(5.87 cmol(+)/kg)。

土壤有效性氮含量，以母質爲黏板岩(平均91.1 mg/kg)最高，砂頁岩(平均61.3 mg/kg)次之，崩積土、石質土、紅壤與片岩分別爲46.7, 46.2, 39.5, 35.1 mg/kg，而以黑色土(平均29.1 mg/kg)與臺灣黏土(平均30.8 mg/kg)較低。土壤有效性氮含量除了與土壤有機質含量有關外，亦受化學肥料氮肥施用之影響，母質爲黏板岩與砂頁岩者，其土壤有效性氮含量較高，可能因這些土壤大部分爲一般的農耕地，農民常施用化學氮肥以供作物生長需要，故土壤有效性氮含量較高。

土壤有效性磷含量(Olsen-P)，以母質爲崩積土(平均11 mg/kg)與石質土(平均13.4 mg/kg)較低，黏板岩(平均66.5 mg/kg)、紅壤(平均44.2 mg/kg)與砂頁岩(平均40.6 mg/kg)較高。土壤有效性磷含量亦與施肥有關，母質爲崩積土與石質土之土壤爲山坡地，非一般耕地，因無人爲施肥，有效性磷含量大多

表3. 採樣土壤之理化性質

Table 3. Physical and chemical properties of the collected soils

Soil No.	pH $H_2O(1:1)$	Clay (%)	O. M. (%)	CEC (cmol(+)/kg)	Available N (mg/kg)	Olsen-P (mg/kg)	Exchangeable cation (cmol(+)/kg)			
							K	Na	Ca	Mg
1	6.2	70	0.3	13.1	19.3	10.7	542.7	56.9	962.0	183.8
2	5.2	30	3.7	11.9	38.2	202.4	130.1	129.6	437.2	106.1
3	4.4	23	5.4	18.9	41.3	7.1	126.0	28.4	93.6	25.4
4	5.4	22	3.6	9.9	27.3	36.5	114.5	52.3	720.2	164.2
5	5.1	15	5.2	11.4	28.0	8.8	121.0	93.7	481.1	133.0
6	5.0	7	4.6	10.0	41.3	54.8	67.6	41.0	575.3	75.4
7	5.0	25	4.7	12.1	29.4	26.7	179.7	92.0	640.8	128.6
8	4.8	10	4.5	10.0	41.5	44.1	100.6	63.7	551.8	117.4
9	5.9	9	3.5	10.1	94.2	29.9	91.8	98.5	1296.5	227.4
10	6.3	6	1.7	6.7	30.8	15.5	112.9	7.8	715.4	118.7
11	5.6	21	4.8	15.4	441.7	4.9	114.1	228.3	2027.5	369.9
12	5.4	17	4.5	14.9	125.0	9.7	74.1	105.5	2026.0	329.9
13	4.8	30	1.0	7.4	39.6	16.1	150.5	4.6	217.0	19.3
14	4.2	2	1.8	6.2	42.0	193.4	126.5	10.9	181.2	33.4
15	5.1	23	1.2	6.9	36.4	60.7	242.2	23.6	402.8	51.5
16	5.6	16	1.8	6.6	62.7	92.4	196.7	14.9	681.4	137.9
17	5.0	12	3.8	9.6	30.5	34.2	83.4	37.2	705.9	112.6
18	6.9	7	5.1	10.1	50.4	22.7	72.5	104.4	2518.0	376.8

表3. 採樣土壤之理化性質(續)

Table 3. Physical and chemical properties of the collected soils (Continued)

Soil No.	pH $H_2O(1:1)$	Clay (%)	O. M. (%)	CEC (cmol(+)/kg)	Available N (mg/kg)	Olsen-P (mg/kg)	Exchangeable cation (cmol(+)/kg)			
							K	Na	Ca	Mg
19	7.4	17	4.3	9.7	36.8	32.8	198.0	93.6	5740.5	346.6
20	7.5	10	2.4	5.2	187.0	51.3	194.0	105.5	4153.0	231.4
21	7.4	5	1.5	4.8	21.9	24.2	54.3	30.7	702.1	138.9
22	6.9	12	3.5	8.9	426.7	162.9	548.1	184.9	3544.5	414.7
23	7.1	15	5.0	11.2	74.2	67.9	280.1	278.9	5845.5	758.2
24	6.4	21	4.9	15.6	409.3	30.1	98.4	424.9	2975.0	402.9
25	7.4	23	4.5	11.7	166.6	50.3	146.5	69.7	5759.0	310.8
26	5.4	17	3.2	13.4	21.0	38.4	46.0	313.0	1677.0	286.7
27	6.4	7	1.5	10.2	19.1	31.7	21.7	18.1	214.5	46.8
28	7.3	11	3	13.9	46.7	48.7	40.8	38.0	384.9	79.6
29	6.9	18	0.4	6.5	9.5	14.7	10.5	54.5	149.4	46.3
30	5.5	9	3.2	9.8	26.6	10.7	29.2	15.9	189.1	37.1
31	6.9	10	2.4	10.1	25.7	47.5	16.5	8.8	442.7	47.4
32	8.0	10	1.1	9.0	23.8	14.2	12.8	23.4	485.1	36.3
33	5.1	20	1.1	5.0	45.5	23.4	19.0	45.2	127.0	19.8
34	5.4	7	1.4	7.5	16.1	11.9	17.8	9.6	132.9	44.4
35	3.7	7	2.4	6.5	36.4	68.5	9.0	6.7	15.6	1.2
36	6.0	15	3.5	10.6	18.9	30.7	66.2	77.8	1372.0	240.4
37	7.2	9	2.1	6.8	10.2	15.5	34.0	165.4	139.4	29.6
38	5.4	18	2.9	9.8	37.5	24.8	18.9	9.3	207.3	36.1
39	5.1	18	2.1	9.8	47.6	37.3	130.8	47.5	1177.5	179.5
40	8.1	23	2.6	14.5	7.7	10.8	155.0	37.6	5659.5	505.4
41	8.1	19	2	10.1	61.3	155.5	49.5	173.4	942.3	125.4
42	7.8	6	2.2	6.6	14.0	54.2	99.9	14.4	2703.5	141.4
43	5.9	9	2.6	6.8	26.1	82.0	73.8	14.1	583.4	76.0
44	4.3	7	2.2	4.9	51.8	12.3	19.9	7.3	27.2	5.1
45	8.0	27	2.3	10.7	50.8	8.1	22.6	40.1	1015.1	208.7
46	7.8	18	4.8	10.3	22.4	163.2	30.3	6.0	635.2	35.6
47	7.0	22	4.6	15.4	25.2	65.2	13.1	19.5	592.1	43.3
48	7.2	18	3.4	9.7	30.5	73.5	22.5	7.7	389.4	22.3
49	3.5	43	4	10.4	100.5	13.4	30.7	24.6	1.3	0.0
50	6.3	16	3.4	8.0	34.0	44.9	30.4	10.7	188.2	21.2
51	6.0	16	5	13.5	87.0	221.5	13.6	43.8	527.6	38.9
52	5.6	21	4.6	14.4	32.2	5.4	56.6	15.2	164.9	88.9
53	5.1	8	2.7	5.0	57.4	20.4	7.9	4.6	121.4	7.6
54	7.6	6	1.9	2.6	28.4	41.7	23.3	9.3	1383.0	9.2
55	5.7	23	5.3	10.0	19.6	5.9	6.7	15.0	134.6	5.5
56	5.7	6	1	8.1	17.9	1.2	5.6	3.7	20.0	5.2
57	8.0	21	3.2	13.8	20.7	15.5	44.1	14.1	545.9	54.4
58	6.0	11	3.9	14.7	32.9	30.6	101.3	10.3	300.5	60.9
59	5.2	17	3.6	13.8	33.6	20.9	36.5	9.1	211.3	44.3
60	5.3	6	3.2	4.7	72.8	8.6	8.2	2.8	66.8	0.4
61	5.4	22	4.6	17.8	19.4	23.8	50.3	10.4	111.2	39.3
62	5.6	8	5.5	9.0	35.0	26.7	100.3	42.2	858.8	112.7
63	6.5	18	3.2	7.0	35.7	18.2	63.9	48.0	1153.0	218.0
64	5.4	20	4.3	9.6	28.0	33.3	98.3	47.4	854.9	111.8
65	4.6	32	3.5	10.4	42.8	5.6	105.5	19.2	63.1	23.7
66	4.3	32	5.1	15.7	46.2	15.8	114.8	27.7	33.7	16.8
67	6.1	9	6.8	14.9	ND[z]	18.5	211.8	27.0	1676.0	234.8
68	4.9	7	3.9	8.2	ND	5.9	135.7	15.2	277.3	70.9
69	5.1	8	5.4	10.8	ND	4.7	76.7	11.0	416.5	122.0

[z] ND指未測定。

表4. 採樣土壤之菌根菌數量

Table 4. Number of VAMF in the collected soils

Soil No.	Total spore No.		Soil No.	Total spore No.	
	Mean	STD		Mean	STD
1	0	0	36	7.8	14.2
2	0	0	37	15.0	19.7
3	40.0	46.7	38	1.0	1.4
4	14.5	14.5	39	0	0
5	7.8	7.2	40	13.5	23.1
6	0	0	41	0	0
7	2.0	4.0	42	0	0
8	0	0	43	26.0	22.3
9	0	0	44	31.0	27.9
10	14.8	18.0	45	11.0	13.1
11	0	0	46	0	0
12	1.3	2.5	47	1.0	1.4
13	122.5	141.8	48	2.5	2.9
14	21.3	27.2	49	76.3	35.1
15	42.3	56.6	50	4.3	4.9
16	77.8	55.9	51	0	0
17	0	0	52	12.3	11.8
18	0	0	53	7.8	12.4
19	1.0	1.4	54	8.8	4.9
20	1.5	3.0	55	6.8	6.1
21	769.8	369.8	56	8.8	13.6
22	1.0	1.4	57	0	0
23	10.5	16.1	58	13.0	10.4
24	1.5	1.7	59	2211.5	2742.4
25	0	0	60	20.3	18.6
26	1350.8	1197.4	61	59.3	65.8
27	4.8	8.8	62	0	0
28	6.0	8.8	63	18.3	13.6
29	6.3	9.3	64	0	0
30	2.8	3.8	65	135.5	93.0
31	0	0	66	60.0	33.1
32	4.3	2.9	67	0	0
33	3.5	1.7	68	82.0	39.9
34	23.0	24.8	69	101.8	57.3
35	25.5	5.1			

在20 mg/kg以下；而一般農耕地常因施肥而使土壤有效性磷含量提高。

二、內生菌根菌在土壤中之分布

由顯微鏡鏡檢之菌根菌數量詳列於表4，在69個採樣土壤中有19個土壤(28%)找不到內生菌根菌孢子，孢子數超過100個/100 g soil之土壤只有6個(9%)，分別爲南投縣之大埔美系土壤(編號13) 122.5個/100 g soil，宜蘭縣之大元社系土壤(編號65) 135.5個/100 g soil，彰化縣之路上厝系土壤(編號21) 769.8個/100 g soil，彰化縣之花壇系土壤(編號26) 1350.8個/100 g soil，與花蓮縣之永豐系土壤(編號59) 2211.5個/100 g soil。

在69個採樣土壤所出現之內生菌根菌菌種共有15種，這15種菌根菌在69個採樣土壤中出現之次數與孢子數列於表5，出現最多次(25次)之菌根菌菌種爲*Acaulospora morrowiae* (AMRW)，其次爲*Glomus occultum* (LOCT) (16次)，*G. claroideum* (LCLR) (10次)，*G. mosseae* (LOMS) (10次)，*A.*

表5. 不同菌根菌種類在69個採樣土壤出現之次數與數量

Table 5. The occurrence and quantity of individual species of VAMF in 69 collected soils

VAM species[z]	AKKI	AMLA	AMRW	ASCB	ECLB	GMGR	LCLR	LETC	LGSP	LMCC	LMOS	LMNH	LOCT	LSPC	SPLC
Occurrence among 69 soils	3	10	25	8	4	4	10	7	3	5	10	5	16	6	1
Total spore no.	10.0	343.8	1683.8	784.5	32.0	12.3	46.5	35.0	42.0	96.5	37.3	34.5	220.3	2098.3	14.0
Mean spore no.	3.3	34.4	67.4	98.1	8.0	3.1	4.7	5.0	14.0	19.3	3.7	6.9	13.8	349.7	14.0

[z] VAM species abbreviation: AKKI: *Acaulospora koskeii*; AMLA: *A. mellea*; AMRW: *A. morrowiae*; ASCB: *A. scrobiculata* ECLB: *Entrophospora coulumbiana*; GMGR: *Gigaspora margarita*; LCLR: *Glomus claroideum*; LETC: *G. etunicatum*; LGSP: *G. geosporum*, LMCC: *G. macrocarpum*; LMOS: *G. mosseae*; LMNH: *G. manihotis*; LOCT: *G. occultum*; LSPC: *G. spurcum*; SPLC: *Scutellospora pellucida.*

mellea (AMLA) (10次)，*A. scrobiculata* (ASCB) (8次)，*G. etunicatum* (LETC)(7次)，與*G. spurcum* (LSPC) (6次)。而平均孢子數最多之菌根菌菌種爲*G. spurcum* (LSPC) 349.7個/100g soil與*A. scrobiculata* (ASCB) 98.1個/100g soil。

三、菌根菌之孢子數與土壤理化性質之相關性

在69個採樣土壤中，各種不同的菌根菌之孢子總數與土壤有機質含量之相關係數爲-0.03，由相關係數作顯著性測試(t-test，P=0.05)[16]，可知菌根菌之孢子總數與土壤有機質含量無明顯相關。從菌根菌孢子總數與土壤有機質含量之關係圖(圖2)可知，菌根菌多分佈於有機質含量小於5.5%的土壤中。菌根菌之孢子總數與土壤有效性磷(Olsen-P)含量及土壤有效性氮含量亦無明顯相關，其相關係數分別爲-0.07，-0.08，但從菌根菌孢子總數與土壤有效性磷含量及土壤有效性氮含量之關係圖(圖3，圖4)可知，菌根菌多分佈於土壤有效性磷含量小於75 mg/kg及土壤有效性氮含量小於75 mg/kg之土壤中。菌根菌之孢子總數與土壤黏粒含量，陽離子交換容量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量之相關係數分別爲-0.01，0.11，-0.10，0.11，-0.06，-0.01，由相關係數顯著性測試得知，菌根菌之孢子總數與土壤黏粒含量，陽離子交換容量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量相關性不顯著。

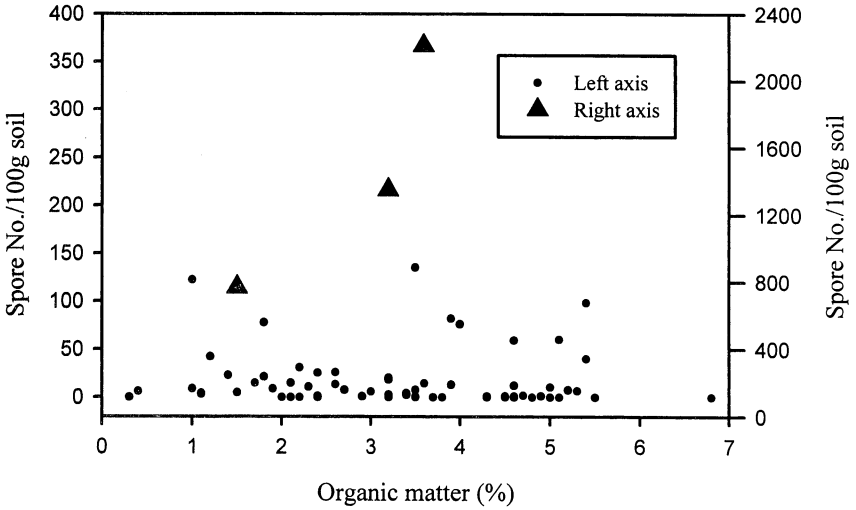


圖2. 菌根菌孢子數對土壤有機質含量之分布。

Fig. 2 Distribution of spore of VAMF versus organic matter in the soil.

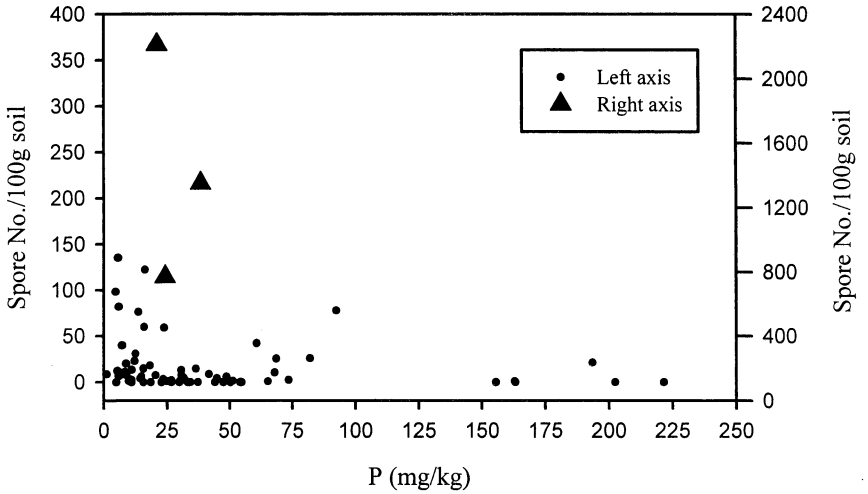


圖3. 菌根菌孢子數對土壤有效磷之分布。

Fig. 3 Distribution of spore of VAMF versus available P in the soil.

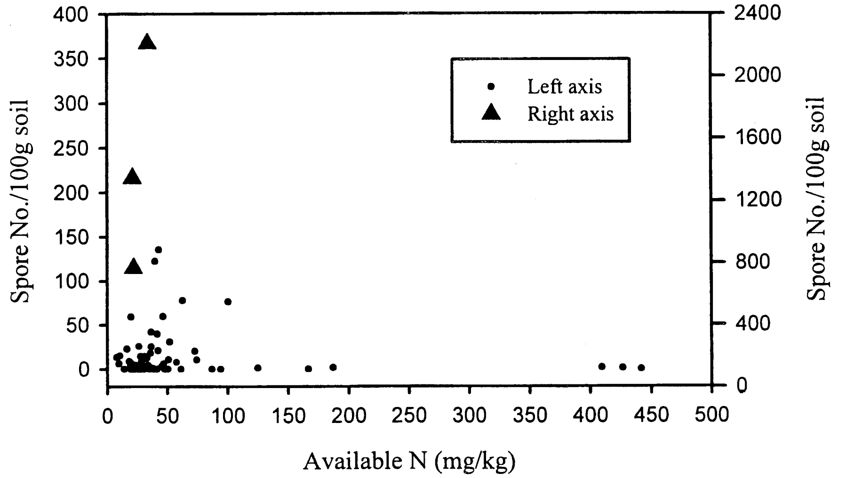


圖4. 菌根菌孢子數對土壤有效性氮含量之分布。

Fig. 4 Distribution of spore of VAMF versus available N in the soil.

在69個採樣土壤中選出出現次數10次以上之菌種五種，探討這五種菌根菌與採樣土壤理化性質之相關性。這五種菌種分別為*A. mellea*，*A. morrowiae*，*G. claroideum*，*G. mosseae*與*G. occultum*。

在發現有*A. mellea*菌種之土壤有10個，*A. mellea*孢子數與黏粒含量，有機質含量，陽離子交換容量，有效性氮含量，有效性磷含量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量之相關係數分別為0.28，-0.08，0.30，-0.35，0.06，-0.44，0.76，0.03，0.35，由相關係數顯著性測試得知，A. mellea 孢子數與黏粒含量，有機質含量，有效性氮含量，有效性磷含量，陽離子交換容量，交換性鉀、鈣、鎂含量相關性不顯著，只有*A. mellea*孢子數與交換性鈉含量成正相關(r=0.76)。在發現有*A. mellea*菌種之土壤pH

值爲3.5~7.4，pH值大於7的土壤有兩個，其孢子數分別爲1，5.3個/100g soil，其他出現在酸性土壤。孢子數最多的土壤(孢子數爲391個/100g soil，編號26)，其土壤pH值爲5.4，爲彰化縣花壇系土壤，其植生爲美人樹(*Chorisia speciosa*)、雜草，土壤之有機質含量爲3.2 %，有效性氮含量38.4 mg/kg，有效性磷含量38.4 mg/kg。

在發現有*A. morrowiae*菌種之土壤有25個，*A. morrowiae*孢子數與黏粒含量，有機質含量，陽離子交換容量，有效性氮含量，有效性磷含量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量之相關係數分別爲0.09，-0.01，0.23，-0.18，0.02，-0.08，0.43，0.13，0.20，由相關係數顯著性測試得知，*A. morrowiae*孢子數與黏粒含量，有機質含量，陽離子交換容量，有效性氮含量，有效性磷含量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量相關性皆不顯著。出現*A. morrowia*菌種之土壤pH值爲4.2~7.6，pH值大於7的土壤有三個，孢子數分別爲10.5，2.3，1.3個/100g soil，pH值在6~7的土壤有5個，孢子數皆少於10個/100g soil，其餘17個土壤pH值皆小於6，孢子數最多的土壤(孢子數爲1148個/100g soil，編號26)，其土壤pH值爲5.4，孢子數次多的土壤(孢子數爲133.5個/100g soil，編號59)，其土壤pH值爲5.2，由此可知，*A. morrowia*菌種較喜歡偏酸性土壤。

在發現有*G. claroideum*菌種之土壤有10個，*G. claroideum*孢子數與黏粒含量，有機質含量，陽離子交換容量，有效性氮含量，有效性磷含量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量之相關係數分別爲0.10，0.07，-0.15，0.18，0.08，-0.15，0.00，-0.24，-0.11，由相關係數顯著性測試得知，*G. claroideum*孢子數與黏粒含量，有機質含量，陽離子交換容量，有效性氮含量，有效性磷含量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量相關性不顯著。在發現有*G. claroideum*菌種之10個土壤，其土壤pH值爲4.9~8.1，土壤pH值大於7的土壤有2個，pH值在5~7有7個，小於5的有1個。10個土壤所發現之*G. claroideum*孢子數皆不高，孢子數最多爲13.5個/100g soil(編號4)，其土壤pH值爲5.4，爲桃園縣坡堵系土壤，其植生爲水稻，土壤有機質含量爲3.6%，有效性氮含量27.3 mg/kg，有效性磷含量36.5 mg/kg。

在發現有*G. mosseae*菌種之土壤有10個，*G. mosseae*孢子數與黏粒含量，有機質含量，陽離子交換容量，有效性氮含量，有效性磷含量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量之相關係數分別爲-0.50，-0.37，-0.35，-0.26，-0.32，-0.14，-0.34，-0.14，-0.15，由相關係數顯著性測試得知，*G. mosseae*孢子數與黏粒含量，有機質含量，陽離子交換容量，有效性氮含量，有效性磷含量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量相關性不顯著。在發現有*G. mosseae*菌種之10個土壤，其土壤pH值爲5.4~8.1，土壤pH值大於7的土壤有3個，pH值在6~7的有5個，pH值小於6之土壤有2個，由此可知，*G. mosseae*較喜歡微酸至中性土壤。10個土壤所發現之*G. mosseae*孢子數皆不高，孢子數最多爲15個/100g soil(編號34)，其土壤pH值爲5.4，爲臺南縣林鳳營系土壤，其植生爲禾本科雜草，土壤有機質含量爲1.4%，有效性氮含量16.1 mg/kg，有效性磷含量11.9 mg/kg。

在發現有*G. occultum*菌種之土壤有16個，*G. occultum*孢子數與黏粒含量，有機質含量，陽離子交換容量，有效性氮含量，有效性磷含量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量之相關係數分別爲0.27，0.13，-0.01，0.22，-0.37，0.39，-0.12，-0.14，-0.13，由相關係數顯著性測試(t-test，P=0.05)得知，*G. occultum*孢子數與黏粒含量，有機質含量，陽離子交換容量，有效性氮含量，有效性磷含量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量相關性不顯著。在發現有*G. occultum*菌種之土壤pH值爲3.5~8.1，pH值大於7的土壤有4個，pH值在6~7的土壤有3個，pH值小於6的土壤有9個，由此可知，*G. occultum*的分佈較廣，從酸性土壤至鹼性土壤皆可發現*G. occultum*的蹤跡，但稍偏好酸性土壤。孢子數最多的土壤(孢子數爲107.8個/100g soil，編號65)，爲宜蘭縣大元社系土壤，pH值4.6，爲山坡地，其植生爲桔子、雜草，土壤之有機質含量爲3.5%，有效性氮含量42.8 mg/kg，有效性磷含量5.6 mg/kg。

討　論

本調查中發現，在69個採樣土壤中有19個土壤(28%)找不到囊叢枝內生菌根菌孢子，有63個土壤(91%)之孢子數少於100個/100g soil，此調查結果若與加拿大安大略省的玉米田之菌根菌孢子數 (900~7000個/100g soil)[40]相比較，臺灣一般低海拔農耕地與坡度較小的坡地，其菌根菌孢子數顯然偏低。

在69個採樣土壤中，孢子數最多的三個土壤，其植生爲美人樹(*Chorisia speciosa*)與雜草，土壤較少翻動。而種植水稻的19個土壤，其中有10個土壤找不到孢子，孢子數最高爲18.3個/100g soil，平均爲3.1個/100g soil。根據Kucey and Paul [32]之調查，在未翻動土壤與鄰近的耕作土壤之菌根菌數量，以未翻動土壤中菌根菌之孢子數較多，未翻動土壤中菌根菌之孢子數爲耕作土壤之1.1~33.5倍(平均4.8倍)，Kucey and Paul認爲耕作會減少菌根菌宿主之根密度，亦會減少孢子的數量。

對於內生菌根菌孢子數與交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量相關性之研究很缺乏，而在本調查中，出現機率較高的五種菌根菌中，*A. mellea*的孢子數與交換性鈉含量有明顯之相關，而兩者之相關性何以如此之高，有待進一步研究。菌根菌孢子的數量受環境中很多因子的共同影響，由調查結果很難單就土壤的某一理化因子與菌根菌總孢子數有明顯相關性，故欲探討何種因子影響菌根菌總孢子數必須控制其他因子不變而只改變單一因子，如此方能瞭解兩者之相關性。

結　論

一、本調查中發現，在69個採樣土壤中有19個土壤(28%)找不到囊叢枝內生菌根菌孢子，有63個土壤(91%)之孢子數少於100個/100g soil，臺灣代表性土壤中囊叢枝內生菌根菌孢子數顯然偏低。

二、在69個採樣土壤所出現之內生菌根菌菌種共有15種，而這15種菌根菌出現6次以上的有8種，分別爲*A. mellea*，*A. morrowiae*，*A. scrobiculata*，*G. claroideum*，*G. etunicatum*，*G. mosseae*，*G. occultum*與*G. spurcum*。平均孢子數最多之菌根菌菌種爲*G. spurcum* (349.7個/100g soil)與*A. scrobiculata* (98.1個/100g soil)。

三、本次採集的土壤樣品中除了*A. mellea*的孢子數與交換性鈉含量有明顯之正相關外，其餘的土壤樣品中菌根菌的孢子數與土壤的黏粒含量，有機質含量，有效性氮含量，有效性磷含量，陽離子交換容量，交換性鉀、鈉、鈣、鎂含量的相關性皆不顯著。由調查結果顯示，菌根菌多分布在土壤有機質含量小於5.5%、有效性氮含量小於75 mg/kg及有效性磷含量小於75 mg/kg之土壤中。

四、根據菌種在土壤樣品的出現機率發現，*A. morrowiae*多分布於酸性土壤，*G. mosseae*則分布在微酸性至中性土壤，*G. occultum*分布範圍較廣，從酸性土壤到鹼性土壤皆可發現。

誌　謝

本研究試驗經費承行政院農業委員會補助〔計畫編號：87-科技-1.1-糧-17(4)，88-科技-1.1-糧-10(3)〕，特申謝忱。試驗期間，感謝本所農化系郭鴻裕、朱戩良、劉滄棽等三位先進及土壤微生物實驗室的所有同仁之協助，使研究得以順利進行。

引用文獻

1. 王均琍。1996。囊叢枝內生菌根對洋蔥生長及產量之影響。中華農學會報新 174: 56-71.
2. 王均琍、林怡廷。1997。不同微生物肥料對矮牽牛生育與開花之影響。國立屏東大學學報 6(4): 251-261。
3. 文紀鑾、張喜寧。1994。繡球屬菌根對組織培養非洲菊幼苗生長之影響。國立台灣大學農學院報告 34: 97-110。
4. 文紀鑾、張喜寧。1995。溫度與繡球屬菌根對組織培養非洲菊生長與切花品質之影響。國立台灣大學農學院報告 35:

75-91。

5. 吳繼光。1994。台灣內生菌根菌資源調查與種源開發。131-156頁。微生物肥料之開發與利用研討會專刊。臺灣省農業試驗所嘉義農業試驗分所編印。
6. 李蘭帝。1968。擴散法在硝酸態氮定量上的應用。農業研究 17(2): 49-50。
7. 屏東縣土壤調查報告。1971。國立中興大學土壤學系。
8. 高雄縣土壤調查報告。1975。國立中興大學土壤學系。
9. 張淑賢。1981。本省現行植物分析法。53-54頁。作物需肥診斷技術。臺灣省農業試驗所特刊第13號。
10. 張喜寧。1992。台灣園藝囊叢枝內生菌根之研究與展望。科學農業 40: 45-52。
11. 張愛華。1981。本省現行土壤測定方法。9-26頁。作物需肥診斷技術。臺灣省農業試驗所特刊第13號。
12. 陳春泉。1976。桃園縣土壤調查報告。臺灣省農業試驗所報告第33號。
13. 陳春泉。1978。台北、宜蘭縣土壤調查報告。臺灣省農業試驗所報告第35號。
14. 陳春泉。1979。花蓮、臺東縣土壤調查報告。臺灣省農業試驗所報告第36號。
15. 程永雄、莊明富、杜金池。1993。內生菌根菌 *Glomus clarum* 應用在洋香瓜生產上之效益評估。中華農業研究 42: 74-84。
16. 葉樹藩。1990。試驗設計學第一部分 生物統計學。166-170頁。國立臺灣大學農學院生物統計研究室。大興圖書印製有限公司印刷。
17. 彰化縣土壤調查報告。1969。國立中興大學土壤學系。
18. 臺中、南投縣土壤調查報告。1976。國立中興大學土壤學系。
19. 臺南縣土壤調查報告。1969。國立中興大學土壤學系。
20. 蔡呈奇、陳尊賢、許正一、郭鴻裕。1998。臺灣地區農地與坡地代表性土壤的選定與其相關資料庫的建立。土壤與環境 1: 73-88。
21. 蔡宜峰、黃祥慶。1996。微生物肥料與氮、磷肥用量對草莓產量及品質之影響試驗。土壤肥料試驗報告 208-216頁。臺灣省政府農林廳編印。
22. Bremner, J. M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. *In*: Methods of soil analysis . (Black, C. A. *et al.*,eds.). Part 2. Agronomy 9: 1179-1237. Am. Soc. of Agron., Inc., Madison, Wis.
23. Daniels, B. A., and H. D. Skipper. 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of progagules from soil. pp. 20-45. *In*: Methods and principle of mycorrhizal research. (Schenck, N.C., ed.). The American Phytopathological Society. St. Paul.
24. Daniels, B. A., and J. M. Trappe. 1980. Factors affecting spore germination of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus Epigaeus*. Mycologia 72: 457-471.
25. Gee , G. W., and J. W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. pp. 383-411. *In*: Method of soil analysis. (Klute, A., ed.). 2nd ed. Part 1. Am. Soc. of Agron.
26. Gianinazzi-Pearson, V., and H. G. Diem. 1982. Endomycorrhizae in the tropics. pp. 209-251. *In*: Microbiology of tropical soils and plant productivity. (Dommergues ,Y. R., and H. G. Diem ,eds.). Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, TheHague/Boston/London.
27. Green , N. E., S. O. Graham, and N. C. Schenck. 1976. The influence of pH of the germination of vesicular-arbuscular mycorrhizal spores. Mycologia 68: 929-934 .
28. Harley , J. L., and S. E. Smith. 1983. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London .
29. Hawksworth, D.L., P.M. Kirk, B.C. Satton, and D.N. Pegler(eds.). 1995. Dictionary of the fungi. 8th edition. p.437. University Press, Canbridge.
30. Hayman, D. S. 1975. The occurrence of mycorrhiza in crops as affected by soil fertility. pp. 495-509. *In*: Endomycorrhizas. (Sander, F. E. , B. Moss, and P. B. Tinker,eds.). Academic Press, Condon.
31. Koske, R. E., and B. Tessier. 1983. A convenient, permanent slide mounting medium. Newsletter Mycol. Soc. Amer. 34: 59 .
32. Kucey, R. M. N., and E. A. Paul. 1983. Vesicular- arbuscular mycorrhizal spore populations in various Saskatchewan soils and the effect of inoculation with *Glomus mosseae* on faba bean growth in greenhouse and field trials. Can. J. Soil Sci. 63: 87-95.
33. McLean , E. O. 1982. Soil pH and lime requirement. pp. 206-209. *In*: Method of soil analysis. (Page, A. L., R. H. Miller, and

D.R. Keeney, eds.). 2nd ed. Part 2. Am. Soc. of Agron.

34. Menge, J. A. S., N. M. Davis, and V.Minassian. 1977. Mycorrhizal fungi associated with Citrus and their possible interactions with pathogens. Proc. Int. Soc. Citriculture 3: 872-876.

35. Olsen, S.R., and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. pp 421-422. *In*: Method of soil analysis . (Page, A. L., R. H. Miller, and D.R. Keeney, eds.). 2nd ed. Part 2. Am. Soc. of Agron.

36. Schenck, N. C. and Y. Perez. (Eds). 1990. Mannual for the identification of VA mycorrhizal fungi. Synergistic Publication, Gainesville, Florida. P. 286.

37. Sheikh, N. A., S. R. Saif, and A. G. Khan. 1975. Ecology of *Endogone*. II. Relationship of *Endogone* spore population with chemical soil factors. Islamabad J. Sci. 2: 6-9.

38. Siqueira, J. O., D. H., Hubbell, and N. C. Schenck. 1982. Spore germination and germ tube growth of a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *in vitro*. Mycologia 74: 952.

39. Sutton, J.C. 1973. Development of vescular-arbuscular mycorrhizal in crop plants. Can. J. Bot. 51: 2487-2493.

40. Sutton,J.C., and G.L. Barron. 1972. Population dynamic of *Endogone* spores in soil. Can. J. Bot. 50: 1909-1914.

41. Wu, C.G., Y. S. Liu, and L. L. Hung. 1995. Spore development of *Entrophospora Kentinensis* in an aeroponic system. Mycologia 87: 582-587.

General Survey of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Selected Soils of Taiwan[1]

Su-Chen Lin[2], Kun-Huang Houng[3], and Chi-Guang Wu[2]

Summary

A general survey of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in some representative soils of Taiwan was conducted to investigate their diversity and quantity, as well as the correlation between spore number and soil compositions. The results indicated that 19 soil samples among 69 collection sites (28%) could not retrieve any spore, and 63 samples (91%) contained spores less than 100 spores/100 g soil. Totally, 15 species of AMF were recorded from 69 collected soils, and among which 8 species were identified in more than 6 soils. These species included Acaulospora mellea (10/69), A. morrowiae (25/69), A. scrobiculata (8/69), Glomus claroideum (10/69), G. etunicatum (7/69), G. mosseae (10/69), G. occultum (16/69), and G. spurcum (6/69). The most productive species were G. spurcum (349.7 spores/100g soil) and A. scrobiculata (98.1 spores/100g soil). The correlation between spore number and the contents of clay, organic matter, available nitrogen, available phosphorus, exchangeable potassium, sodium, calcium and magnesium as well as cation exchangeable capacity (CEC) was not significant; however, for the species of A. mellea, the spore number was positively related to the exchangeable sodium contents in the collected soils. In this study, VA mycorrhizal fungi were mostly recovered from the soils containing organic material < 5.5%, available N < 75 mg/kg, and available P < 75 mg/kg. Based on the species frequency identified among soil samples, A. morrowiae was mainly isolated from acidic soils, and G. mosseae was frequently identified from weakly acidic to neutral soils. However, G. occultum seems to favor broader range of distribution, from acidic to alkaline soils.

Key words：Arbuscular mycorrhizal fungi, Ecology.

---

1. Contribution No.2046 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Respectively, Assistant and Associate Researcher, Department of Agricultural Chemistry, TARI., Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

3. Professor, Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(4): 81～88 (2000)

台灣主要柑橘有機施肥之效益評估[1]

潘德芳　葉節耀[2]

摘要：果樹栽培中，有機肥料一直用來改善柑橘果實品質。尤其，最近永續農業陸續展開，有機施肥爲有機生產過程之一要項。本文之目的爲測定柑橘有機施肥之貢獻度及評估經濟效益與財務效果。選擇主產區桶柑、椪柑、柳橙與文旦四種主要柑橘果農爲對象。使用路徑分析與柯布－道格拉斯生產函數進行測定。結果顯示有機施肥的效果貢獻度爲2至7％，皆比化學肥料之貢獻度4至20％爲低。其中，椪柑與文旦有機施肥經濟與財務效果較佳，但桶柑與柳橙則較差。此外，化學肥料比有機肥料效果高。因此，有機肥料須適量施肥，才更能使柑橘果樹的經營經濟有效。

關鍵詞：效益、柑橘、柯布－道格拉斯生產函數、有機肥料。

前　言

有機農業經營逐漸引起農業產銷各界之重視，一般認爲作物生產如能適度施與有機肥料，經過礦化(mineralization)，則可改善土壤物理化學結構，減少土壤破壞、避免環境污染，促進作物生產永續發展。且作物產品品質，如施與有機肥料礦化後轉化爲無機物，供植物利用，也可提升產品品質，提高產品價格與銷售量，增加農民收益。

郭鴻裕等四位曾指出[5]本省耕地土壤有機質含量大部份鄉鎮皆增加，有機質含量絕對值增加0.13％至0.26％，增加量顯著。雖然如此，然影響土壤酸化時常發生，其中主要因素之一爲施肥措施。尤其在大部分柑園爲山坡地果園，鄭正勇[12]曾提出利用調整高碳氮比之腐熟有機物介質，極有助於根系發育，其緩衝能力也較強，有機肥料孕育大量有益微生物，以抑制果園之病原菌及線虫爲害，避免生態不平衡。王西華[1]也指出大量進口國外農產品衝擊下，本省農民亦積極轉向生產高品質的農產品。經合理土壤施肥管理做起，以期改善土壤物理性、化學性和生物性，而達到目的。因此，高經濟價值作物(如果樹)的耕地中，有機質肥料的需求量亦逐漸增加。然嚴式清[22]也指出，雞糞主要用於果樹園藝作物，雞糞磷含量特高，果樹作物、園藝作物可能施肥量過多，尤以磷素爲甚，果農施肥尚未充分具備植物營養與土壤化學觀念，而牛糞含鉀量較高應予充分利用。文中亦指出，豬、雞、牛三者排泄物之氮、磷、鉀素含量十分可觀，分別相當於台灣地區化學肥料量銷售量之45.5％(N)、173.7％(P_2O_5)及90.1％(K_2O)，而問題在於能否均勻分配而已。謝順景[19]亦指出歐美有機作物產品價格比一般作物產品價格普遍高出三成。

可是有機農業經營中，投入因素佔較主要份量之一的有機肥料，爲有機農業重要投入因素，其因素價格高低，影響作物生產成本很大。像常用粗製有機肥料之雞糞一公斤價格4元，袋裝有機肥5.5元，在生產因素之成本中佔相當比率。是否需投入多少量之有機肥料，才達到作物生產之經濟效率。

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2047號。

2.本所農業經濟系研究員兼主任及副研究員。台灣省　台中縣　霧峰鄉。

尤其，農業生產面臨注重降低生產成本、提高經營效率，提升競爭力之情勢。農業經營中有機肥料之施用，對作物產品品質及農民收益是否有顯著效果。柑橘類生產施用有機肥料，在成本方面是否可再降低，以降低其生產成本、提高經營效率、提升競爭力。基於柑橘有機施肥之理論，實際技術方面皆有相關文獻獲得正面之肯定，至於經濟層面相關研究尚未多見。因此本文擬分別在柑橘有機施肥技術效果與經濟效益方面，評估其成效。在技術效果方面擬採用路徑分析方法探討柑橘產業中，有機施肥之技術效果貢獻度與另外採用邊際分析方法，評估柑橘施有機肥之經濟效率，供各界參考。本文之柑橘包含桶柑、椪柑、柳橙、文旦。

研究方法

一、模式之認定

假設柑橘生產值，由種植面積、勞動力、有機肥施量、化肥施量與農藥材料等其他資本諸因素所影響。

以數學式表示：[24,26]

$$Y = \hat{\alpha} + \hat{\beta}_1 X_1 + \hat{\beta}_2 X_2 + \hat{\beta}_3 X_3 + \hat{\beta}_4 X_4 + \hat{\beta}_5 X_5 + \hat{e}_i \quad \text{.......(1)}$$

$$令\ Z_0 = \frac{Y-\bar{Y}}{S_0} = \frac{y}{S_0} \qquad Z_{0i} = \frac{X-\bar{X}}{S_i} = \frac{x_i}{S_i} \qquad P_{0i} = \hat{\beta}_i \frac{S_i}{S_0}$$

$$\frac{y}{S_0} = \hat{\beta}_1\left(\frac{x_1}{S_0}\right)\left(\frac{S_1}{S_1}\right) + \hat{\beta}_2\left(\frac{x_2}{S_0}\right)\left(\frac{S_2}{S_2}\right) + \hat{\beta}_3\left(\frac{x_3}{S_0}\right)\left(\frac{S_3}{S_3}\right) + \hat{\beta}_4\left(\frac{x_4}{S_0}\right)\left(\frac{S_4}{S_4}\right) + \hat{\beta}_5\left(\frac{x_5}{S_0}\right)\left(\frac{S_5}{S_5}\right)$$

$$則\ Z_0 = P_{01}Z_{01} + P_{02}Z_{02} + P_{03}Z_{03} + P_{04}Z_{04} + P_{05}Z_{05} + P_{0u}Z_{0u} \quad \text{.......(2)}$$

$S_{i,\ i} = 0,...,5$ 為標準差。

$P_{0i,\ 0i} = 01,...,05$ 為路徑係數(Path Coefficients)。

由(2)式經處理，建立(3)式關係。

$$由矩陣式表示 \begin{pmatrix} 1 & \gamma_{12} & \gamma_{13} & \gamma_{14} & \gamma_{15} \\ \gamma_{21} & 1 & \gamma_{23} & \gamma_{24} & \gamma_{25} \\ \gamma_{31} & \gamma_{32} & 1 & \gamma_{34} & \gamma_{35} \\ \gamma_{41} & \gamma_{42} & \gamma_{43} & 1 & \gamma_{45} \\ \gamma_{51} & \gamma_{52} & \gamma_{53} & \gamma_{54} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_{01} \\ P_{02} \\ P_{03} \\ P_{04} \\ P_{05} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma_{10} \\ \gamma_{20} \\ \gamma_{30} \\ \gamma_{40} \\ \gamma_{50} \end{pmatrix} \quad \text{.......(3)}$$

從下列運算得各自變數效果 P_{0i}。

$$\therefore \begin{pmatrix} P_{01} \\ P_{02} \\ P_{03} \\ P_{04} \\ P_{05} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \gamma_{12} & \gamma_{13} & \gamma_{14} & \gamma_{15} \\ \gamma_{21} & 1 & \gamma_{23} & \gamma_{24} & \gamma_{25} \\ \gamma_{31} & \gamma_{32} & 1 & \gamma_{34} & \gamma_{35} \\ \gamma_{41} & \gamma_{42} & \gamma_{43} & 1 & \gamma_{45} \\ \gamma_{51} & \gamma_{52} & \gamma_{53} & \gamma_{54} & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \gamma_{10} \\ \gamma_{20} \\ \gamma_{30} \\ \gamma_{40} \\ \gamma_{50} \end{pmatrix} \quad \text{.......(4)}$$

又由於

$$1 = \sum_{1}^{5} P_{oi}^{2} + P_{0u}^{2}$$

所以殘差效果 $P_{0u}=\sqrt{1-\left(\sum_{i=1}^{k}P_{0i}{}^{2}+2\sum_{1\le i<j\le k}P_{0i}P_{0j}\gamma_{ij}\right)}$

式中 γ_{ij} 爲變數之相關係數。

由 $P_{0i}\ \gamma_{ij}$ 得 X_i 對 Y 之貢獻度。

同時，建立作物柯布－道格拉斯生產函數(Cobb-Douglas production function)，用以測定柑橘投入之生產因素價值，評估其經濟效率。採柑橘產值爲依變數，種植面積、勞動力、有機肥施量、化肥施量與農藥材料等其他資本爲自變數。

柯佈道格拉斯之依變數，原係指產量，由於本文假設有機肥料之施用，對柑橘產品之平均價值可提升，因此依變數改採價值。

模式認定如下：

$$\ln Y = \ln\hat{\alpha} + \ln\hat{\beta}_i \sum_{i=1}^{i=5} X_i + \ln\varepsilon_i \quad \text{.........(5)}$$

由上式偏微分計算，可得因素之邊際產值(marginal value of production, MVP)。即爲

$$MVP_{Xi}=\frac{\partial Y}{\partial X_i}=\beta_i\times\frac{\overline{Y}}{\overline{X}_i} \quad \text{.........(6)}$$

式中 $\overline{X}_i$ 與 $\overline{Y}$ 各爲相關變數之平均數。

式中

Y：每戶柑橘產值，單位：元。

X_1：每戶柑橘種植面積，單位：公頃。

X_2：每戶勞動力投入，單位：工。

X_3：每戶有機肥施量，單位：公斤。

X_4：每戶化肥施量，單位：公斤。

X_5：每戶其他農藥等資本投入量，單位：千元。

二、效益評估指標

本文效益評估含經濟效率與財務效果。前者係指所產生之產品邊際產值與資源投入之單位成分價格之比。後者係指所產生之產品邊際產值與資源投入之單位市場價格之比。經濟效率大於1表示資源運用充分有效；經濟效率小於1表示資源運用尚未充分有效。財務效果大於1表示資源投入收益增加；財務效果小於1表示資源投入收益減少。

三、資料來源

桶柑樣本農戶50戶，平均每戶作物面積1.31公頃。

椪柑樣本農戶66戶，平均每戶作物面積1.60公頃。

柳橙樣本農戶62戶，平均每戶作物面積1.10公頃。

文旦樣本農戶34戶，平均每戶作物面積1.28公頃。

以上資料爲1996年資料。

結　果

經由統計及測定，本文獲得下列之結果(表2~表4)，茲按桶柑、椪柑、柳橙與文旦分析如下：

一、桶柑

1996年桶柑生產平均每公頃產量16,554公斤，收入411,033元。生產成本之投入，有250,184元，

表1. 柑桔生產成本調查樣本地區分佈表

Table 1. Sampling distribution of citrus cost survey by districts

unit ： farms

Prefectures \ Fruit	Tankan	Ponkan	Liucheng	Wentan Pummelos
Yilan	12		3	10
Hsinchu	19			
Miaoli	12	6		
Taichung	7	28		
Nantou			6	5
Yunlin		3	3	
Chiayi		13	25	
Tainan		16	25	6
Taitung				3
Hwalien				7
Sum	50	66	62	34

表2. 柑橘生產成本與收益結構表

Table 2. The structure of costs and revenues of citrus

unit ： NT$ (%)

Items	Tankan	Ponkan	Liucheng	Wentan Pummelos
Plantation	15,694 (5.9)	32,102 (10.8)	22,887 (7.9)	8,658 (3.7)
Labour	164,604 (61.9)	187,047 (62.7)	178,455 (61.9)	137,387 (59.9)
Chemical Fertilizers	32,711 (12.3)	15,231 (5.1)	18,680 (6.5)	13,612 (5.9)
Organic Fertilizers	18,930 (7.1)	16108 (5.4)	19,243 (6.7)	20,865 (9.1)
Others	34,003 (12.8)	47,611 (16.0)	49,259 (17.1)	48,819 (21.3)
Sum	250,184 (100)	298,099 (100)	265,637 (100)	229,341 (100)
Yield	16,554	22,695	21,014	15,042
Revenue	411,033	418,011	503,786	321,419
Net Revenue	160,849	119,912	238,149	62,001

Resource ： id.Table1.

以人工成本爲最多，占61.9％；肥料19.4％，化肥佔12.3％，有機肥佔7.1％(詳見表2)。

桶柑生產經測定結果，生產因素對桶柑產值之影響，以貢獻率表示(表3)，分別爲種植面積44.7％、勞力19.5％、有機肥料2.2％、化學肥料4.6％、其他因素18.5％。由此可知，桶柑產值主要受種植面積影響。而肥料之施用，仍以化肥比有機肥之施用效果高。

其次，根據桶柑生產函數之測定(表4)，有機肥施用桶柑生產每公斤之獲得產品價值爲1.56元，而有機肥之市面售價每公斤4.5元，顯示有機肥料在桶柑生產之投入，經濟效率不高。而化學肥料，每公

表3. 柑橘主要生產因素對產值貢獻分析表

Table 3. Output-value contribution of main factors of citrus

unit ：%

Items	Tankan	Ponkan	Liucheng	Wentan Pummelos
Area	44.7	43.4	15.9	26.9
Labour	19.5	8.4	18.9	33.9
Organic Fertilizers	2.2	2.8	6.0	6.7
Chemical Fertilizers	4.6	10.7	10.5	20.4
Other	18.5	13.2	26.7	2.3
Sum	89.5	78.5	78.0	90.2

表4. 柑橘CD生產函數測定參數

Table 4. The estimation coefficients of Cobb-Dogulas production function[z]

Items	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$	$\hat{\beta}_4$	$\hat{\beta}_5$	R^2
Tankan	8.7353* (0.9756)	0.2092 (0.1335)	0.3587* (0.1979)	0.0202 (0.0161)	0.17541 (0.1169)	0.2607* (0.1144)	0.82
Ponkan	10.5977* (0.7682)	0.6014* (0.1190)	0.2498* (0.0969)	0.0447 (0.0341)	0.0575 (0.0885)	0.0562 (0.0907)	0.84
Liucheng	9.9295* (0.6407)	0.4554* (0.1246)	0.3644* (0.1237)	0.0217 (0.0167)	0.1135* (0.0667)	0.0927 (0.0653)	0.78
Wentan Pummelos	1.1609 (2.0084)	0.1398 (0.1788)	0.6002* (0.2729)	0.2241 (0.1227)	0.3185* (0.1641)	0.3727* (0.1742)	0.82

*Significant at 5% level.

[z] Figures in parentheses are standard errors.

斤獲得產品價值14.55元。而市面化肥之價格每公斤6.6元，顯示化學肥料經濟上之效率較高(表5)。因此，短期間桶柑生產仍須以化學肥料爲主，有機肥料爲輔。

二、椪柑

1996年椪柑方面平均每公頃產量22,695公斤，收入418,011元。而生產成本之投入，有298,099元，以人工成本最多，占62.7％；而肥料占10.5％，化學肥料占5.1％，有機肥料占5.4％(詳見表2)。

椪柑生產，經測定結果，生產因素投入對產值之影響程度以貢獻率表示(表3)，計種植面積43.4％、勞力8.4％，有機肥料2.8％、化學肥料10.7％、其他資本13.2％。由此可知，化學肥料對椪柑產值之影響比有機肥料高，其他資本之影響則較低。

另外，根據椪柑生產函數之測定(表4)，有機肥每公斤之價值爲4.28元，而市面上有機肥售價每公斤4.5元，顯示有機肥料之經濟效率尚可。而化學肥料，其每公斤之價格爲10.42元，市面化肥之價格每公斤6.6元，顯示化肥之經濟效率較高(表5)。因此，椪柑生產乃應以化學肥料爲主，有機肥料爲輔。

三、柳橙

1996年柳橙生產平均每公頃產量21,014公斤，收入503,786元。生產成本之投入，有265,637元，以人工成本爲最多，占61.9％；肥料13.2％，化肥佔6.5％，有機肥佔6.7％(詳見表2)。

柳橙生產，經測定結果，生產因素對柳橙產值之影響，以貢獻率表示(表3)，分別種植面積15.9％、勞力18.9％、有機肥料6％、化學肥料10.5％、其他因素26.7％。由此可知，柳橙產值主要受勞

表5. 有機肥化肥在主要柑橘生產之效益比較表

Table 5. Benefit indicator of organic fertilizers & chemical fertilizers of main citrus in Taiwan[z]

Items	Tankan	Ponkan	Liucheng	Wentan Pummelos
Values of organic fertilizers	1.56	4.28	2.01	12.24
Prices	4.5	4.5	4.5	4.5
Economic efficiency	0.44	1.21	0.57	3.45
Financial effects	0.35	0.95	0.45	2.72
Values of chemical fertilizers	14.55	10.42	20.20	29.82
Prices	6.6	6.6	6.6	6.6
Economic efficiency	2.2	1.58	3.06	4.52
Financial effects	2.2	1.58	3.06	4.52

[z] The Component price of organic fertilizers was NT$3.46 per kg.

力影響，而肥料之施用，仍以化肥比有機肥之施用有效果。

其次，根據柳橙生產函數之測定(表4)，有機肥施用柳橙生產每公斤之獲得產品價值爲2.01元，而有機肥之市面售價每公斤4.5元，顯示有機肥料在柳橙生產之投入，經濟效率不高。而化學肥料，每公斤獲得產品價值20.20元。而市面化肥之價格每公斤6.6元，顯示化學肥料經濟上之效率較高(表5)。因此，短期間柳橙生產施用化學肥料較有機肥料顯著有效。

四、文旦

1996年文旦生產平均每公頃產量15,042公斤，收入321,419元。生產成本之投入，有229,341元，以人工成本爲最多，占59.9％；肥料15.0％，化肥佔5.9％，有機肥佔9.1％(詳見表2)。

文旦生產經測定結果，生產因素對文旦產值之影響，以貢獻率表示(表3)，分別爲種植面積26.9％、勞力33.9％、有機肥料6.7％、化學肥料20.4％、其他因素2.3％。由此可知，文旦產値主要受勞力影響，而肥料施用，化肥之施用效果，高於有機肥之施用效果。

其次，根據文旦生產函數之測定(表4)，有機肥施用文旦生產每公斤之獲得產品價值爲12.34元，而有機肥之市面售價每公斤4.5元，顯示有機肥料在文旦生產之投入，經濟上非常有效率。而化學肥料，每公斤獲得產品價值29.8元。而市面化肥之價格每公斤6.6元，顯示化學肥料經濟上之效率很高(表5)。因此，短期間文旦生產，化學肥料與有機肥料皆經濟有效。

結　論

柑橘生產有機肥料施用對柑橘產品價值有其貢獻，其貢獻最高有6.7％，最低2.2％。而化學肥料施用對柑橘產品價值的貢獻普遍高於有機肥之貢獻，最高有20.4％，最低4.6％。因此，台灣柑橘生產施肥是以化學肥料爲主，有機肥料爲輔。

其次，有機肥施用於柑橘之經濟效益，椪柑、文旦柚顯示經濟有效益。因此，要提升椪柑、文旦柚之附加價值，有機肥施用爲有效方法之一。而桶柑與柳橙有機肥之施用顯示經濟無效益。因此，有機肥之施用宜適度減少，以降低生產成本。

另外，化學肥料施用於柑橘之經濟效益普遍高於有機肥料之施用效益。因此化肥施用，有效增加柑橘之經濟效益。

有機肥料中，資源運用有效果之有機肥施用值得提倡，尤其是椪柑、文旦柚價值性較高之柑橘產品，經濟效果配合市場的行銷，較易發揮資源利用效果。

討　論

本文柑橘施用有機肥資料只有一年，其效果可能未能完全顯現。如果有連續三年資料，由於有機肥有足夠時間礦化成有效成分肥料，有關有機肥的貢獻，應會比現有數據更高。不過本文資料仍可提供畜產或作物廢棄物利用製成有機肥料，應用於柑橘施肥，提出實證的參考資料。

引用文獻

1. 王西華。1989。農業廢棄物在有機農業之利用。有機農業研討會專輯。臺中區農業改良場特刊16: 217-227。
2. 李文輝。1992。水稻旱作輪作制度與土壤理化性病蟲害發生及作物生產力之關係。臺南區農業改良場編印。
3. 林鴻淇。1990。果樹無機養分的吸收與連接。果樹營養與果園土壤管理研討會專集。台中區農業改良場特刊 20: 1-10。
4. 高德錚。1989。農藝作物有機栽培法之探討。有機農業研討會專集。臺中區農業改良場特刊16: 117-132。
5. 郭鴻裕、朱戩良、劉滄棽、江志峰。1996。本省農田土壤表土酸鹼值及有機質含量之變化趨勢。土壤肥料通訊 第56期。
6. 黃山內。1989。有機農業之發展及其重要性。有機農業研討會專集。臺中區農業改良場特刊16: 21-30。
7. 連　深、王鐘和。1991。玉米不整地田菁敷蓋省工栽培試驗。農林廳編印。土壤肥料試驗報告。
8. 程永雄、莊明富、杜金池、1993。內生菌根菌Glomus clarum 應用在洋香瓜生產上之效益評估。中華農業研究 42(1): 74-84。
9. 楊秋忠、趙震慶。1988。作物土壤微生物肥料的應用手冊。
10. 葉美雲。1991。玉米穗軸堆肥三種作物生長的影響。國立臺灣大學農業化學研究所碩士論文。
11. 葉節耀。1990。台灣柑橘營養管理上的主要問題。果樹營養與果園土壤管理研討會專集。台中區農業改良場特刊 20: 353-356。
12. 鄭正勇。1989。果園有機栽培法的探討。有機農業研討會專輯。臺中區農業改良場特刊16: 113-116。
13. 廖乾華。1995。峨眉地區農民所製造堆肥與利用。台灣農業31(1): 102-104。
14. 蔡宜峰。莊作權、黃裕銘。1993。一般有機質在土壤中礦化潛能及礦化速率之估算。永續農業研討會專集。臺中區農業改良場編印。
15. 蔡宜峰、莊作權、黃裕銘。1993。有機廢棄物資材對堆肥中C、N、P、K成分之影響。第八屆廢棄物處理技術研討會專集。中華民國環境工程學會編印。
16. 蔡宜峰、陳清文。1994。牛糞堆肥化處理及應用效益之研究。臺灣農業30(4): 54-62。
17. 蔡精強。1994。地區農牧複合經營廢棄資源處理利用效益之個案分析。臺灣農業30(1): 88-103。
18. 謝順景。1993。臺灣永續農業體系之建立及農業技術之轉移論文集(3)。臺中區農業改良場編印。
19. 謝順景。1989。有機農業產品產銷之探討。有機農業研討會專輯。臺中區農業改良場特刊16: 251-268。
20. 謝順景、謝慶芳。1995。水稻永續性栽培法。台灣農業31(1): 105-110。
21. 簡宣裕、吳繼光。1994。微生物肥料之使用及其評估。農藥世界125: 41-45。
22. 嚴式清。1989。畜牧廢棄物在有機農業之利用。有機農業研討會專輯。臺中區農業改良場特刊16: 229-249。
23. Pindyck, Robert S. & Daniel L. Rubinfeld 1981. "Econometric Models and Economic Forcasts." McGraw-Hill Book Company. PP90-105.
24. Smith, V. Kerry (1993) "Nonmarket Valuation of Enviromental Resources Land Economics." The University of Wisconsin Press. PP 1-26.
25. Stevenson, F. J. 1982. "Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reaction." Wiley-Interscience, New York.
26. Wonnacott, Thomas H. & Ronald J. Wonnacott. 1984. "Regression: A Second Course in Statistics." John Wiley & Sons. PP 194-202.

The Evaluation of Benefits of Organic Fertilizers Application for Main Citrus in Taiwan[1]

Te-Fang Pan and Light Chie-Yauw Yeh[2]

Summary

In fruit cultivation, organic fertilizers have been applied for improving citrus fruit qualities. Particularly, the sustainable agriculture has been spread out recently, the application of organic fertilizers is one of organic production process. This paper attempts to estimate the economical efficiency as well as the financial effects of organic fertilizer inputs for citrus. The citrus varieties, including Tankan tangor, Ponkan mandarin, Liucheng sweet orange and Wentan Pummelo, were selected for estimation. Path analysis and Cobb-Douglas production function were used. Results showed the effects of organic fertilizers application for citrus trees were between 2 to 7 %, which were less than the rates 4 to 20% of chemical fertilizers. Besides, Ponkan, and Wentan Pummelo showed economic efficient in organic fertilizers application, but Tankan and Liucheng appeared ineffective. In addition, chemical fertilizers suggested more effective than that of the organic ones. Applying organic fertilizers just the right amount may provide efficiency and effects for citrus production.

Key words : Benefits, Citrus, Cobb-Douglas production function, Organic fertilizer.

---

1. Contribution No.2047 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.
2. Researcher and head, and Associate Researcher, Department of Agricultural Economics, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

中華農業研究 (Jour. Agric. Res. China) 49(4): 89～98 (2000)

Inhibitory Characteristics of Methamidophos on House fly Head Acetylcholinesterase[1]

Edward Y. Cheng, Ching-hua Kao, Yu-bing Hwang and Chia-lin Tzeng[2]

Abstract: The acetylcholinesterase (AChE) purified from housefly (*Musca domestica* L.) head of a TARI's colony has been tested for its sensitivity to methamidophos, a phosphoramidate that is highly water-soluble but with low sensitivity to AChE. The reaction of methamidophos to AChE was analyzed *in vitro* in several insecticide concentrations (0.3, 0.6, 1.2, 2.3 and 4.6ppm) at different incubation times. In general, the activity of AChE remains unchanged in room temperature for 30 min, and all the results confirm that action of methamidophos to AChE is slow but stable. By increasing the incubation time, strong inhibition can be resulted from low concentration of methamidophos. For example, 0.6ppm results in 37% inhibition in 30 min, while 4.6ppm only cause 36% inhibition in the 5 min treatment i.e., the 25 min difference in incubation time can cause 8-fold increase in insecticide sensitivity. By utilizing this character, the housefly head AChE can be used to detect the methamidophos residue in plant material simply by increasing the incubation time. In the actual measurement, almost 100% methamidophos residue was recovered by phosphate buffer extraction instead of methanol/ethanol extraction, and the sensitivity of AChE to methamidophos residue can extend to 2-4ppm level when testing the marketable size cabbage. We conclude that by modifying the testing procedures, the housefly head AChE is feasible for monitoring methamidophos residue on plant material.

Key words: Housefly head acetylcholinesterase, Methamidophos, Enzyme stability, Incubation time, Recovery.

INTRODUCTION

It is well known that the target site of organophosphorus insecticides is the acetylcholinesterase (AChE) of animal neural system(9). The organophosphorus insecticide constitutes a large group of chemicals. The most common one of this group is the organic phosphorothionates, which have to be activated into corresponding -oxon analogs to become effective(5). Usually, the activated insecticides cause *in vitro* inhibition on AChE is at 10^{-7} ~10^{-9} molar/liter. However, methamidophos, acephate and several other insecticides constitute another effective organophosphorus group i.e., phosphoramidates, and have different *in vitro* AChE inhibition

---

1. Contribution No.2048 from Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture.

2. Respectively, Senior Entomologist, Entomologist, Assistant Entomologist and Project Assistant, Department of Applied Zoology, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

characteristics. Theoretically, compound such as methamidophos with $ki = 9.2 \times 10^{-2} M^{-1} \min^{-1}$ and $I_{50} = 3.9 \times 10^{-5}$ *M* versus fly head acetylcholinesterase was not considered as an effective insecticide. Since it had no obvious leaving group, and nothing to bind the anionic site[7] and the molecule is too small to reach the anionic site (5 Å from the esteratic site) in any dimension, which generates great interest in research on their modes of action.

At first, a possible extremely effective impurity in methamidophos was suspected. Magee had recrystalized methamidophos 10 times, and Fukuto[4] still obtained same AChE inhibition ability and ruled out the possibility of impurity[7]. The possibility of *in vivo* activation was also tested, and Khasawinah *et al.*[6] had found no degradation of methamidophos in eight hr in both resistant and susceptible strain houseflies. By incubating 6 hr with cockroach gut and mouse liver slices, the breakdown product of methamidophos was not active on AChE. Magee and McCaskey[8] studied the oxygen analogs of methamidophos and demonstrated that it has no toxicity, and the *in vitro* activation of methamidophos could not be proved. Methamidophos is an insecticide with simple structure (mol.wt. 141) and high deliquescence. This molecule showed superior hydrolytic stability and had no degradation for eight hr in housefly. Therefore, it is speculated that the slow but cumulative *in vivo* inhibition of AChE by unchanged methamidophos caused the poison[7].

In this study, the housefly head acetylcholinesterase (FH AChE) purified from a housefly colony in Taiwan Agricultural Research Institute (TARI) was investigated for its characteristics of methamidophos inhibition. Direct evidences of Magee's hypothesis of slow and stable methamidophos action on AChE will be sought, and the possible usage of AChE in methamidophos residue detection is also studied.

MATERIALS AND METHODS

I. Enzyme, insecticide and other materials used:

AChE is purified from the head of housefly, *Musca domestica* L, reared in TARI[1], and the enzyme for inhibitory studies is the lyophilized powder stored under 0 ℃. The AChE at 0.40 Δ Abs/min/20μl was used for all the studies, and the Ellman's test[2] was adopted for AChE activity determination. Other reagents used for the assay are DTNB (5,5-dithio-bis-2-nitrobenzoic acid, purchased from Merck), Na_2HPO_4 (from Merck), $N_aH_2PO_4$ (from Merck) and ATCI (Acetylthiocholine iodine, purchased from Sigma).

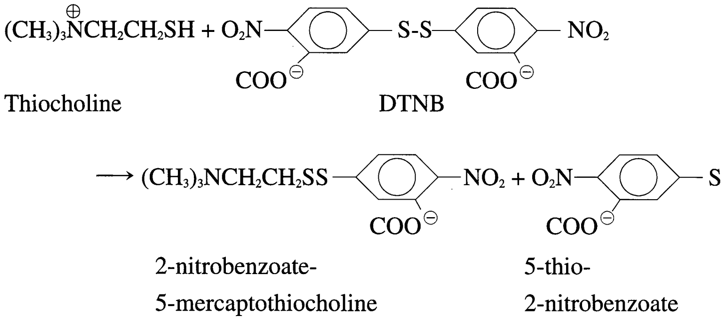
Ellman's test:

(a)

$$(CH_3)_3\overset{\oplus}{N}CH_2CH_2SCOCH_3 + H_20 \xrightarrow{AChE} CH_3COOH + (CH_3)_3\overset{\oplus}{N}CH_2CH_2SH$$

Acetylthiocholine; acetic acid; thiocholine

(b)



Methamidophos 50%EC was purchased as commercial product, and diluted with distilled water to 1000ppm as stock solution, then serial dilutions were made form the stock solution. Usually the testing concentrations for methamidophos were 250, 125, 62.5, 31.3, 15.6, 7.8, 3.9 and 2.0ppm. The inert ingredient of the emulsifier concentrate formulation did not interfere with the AChE activity.

II. The leaf dipping treatment:

Greenhouse-grown insecticide-free cabbage seedling, marketable size common cabbage and Triton X-100 (Sigma) were used for leaf dipping test. Cabbage leaves were cut into leaf discs (2.4cm in diameter), and dipped into methamidophos solution with 200ppm Triton X-100 and leave dry in room temperature.

III. Instruments used:

The absorbance change of the reaction was assayed on spectrophotometer (Shimadzu UV-1201V) and ELISA reader (Model: SpectraMAX340, Molecular Devices) with kinetic mode.

IV. Testing procedures and solutions used for methamidophos inhibition tests:

i. Spectrophotometric method: concentrations and reagents used were AChE (3mg/ml distilled water, ca. 0.40 ΔAbs/min/20μl), DTNB (19.8mg/ml), ATCI (21.6mg/ml distilled water) and 0.1M PBS (pH8.0, also used as extraction solution).

A. 0.5ml PBS, 20μl (or 50μl) insecticide solution and 20μl AChE were incubated first, then added 2.5ml PBS, 20μl ATCI and 100μl DTNB in the above mixture to start the reaction.

B. 4ml PBS, 4 leaf discs and 40μl AChE were incubated first, then transferred 3ml incubated mixture into a cuvette, and added 20μl ATCI and 100μl DTNB to start the reaction.

ii. ELISA reader method: 0.1M PBS (pH8.0), AChE solution (3mg/ml distilled water) and diluted DTNB and ATCI mixture (0.4 mg of DTNB + 0.4mg of ATCI /ml distilled water) were used. Four milliliter PBS , 4 leaf discs and 40μl AChE were incubated first, and 100μl of the above mixture was transferred into a reading well of microplate, then added 50μl mixture of ATCI and DTNB for assay.

V. Investigated items:

i. AChE stability test: To examine whether the FH AChE is stable enough to conduct the methamidophos incubation study.

A. AChE (20μl) was incubated in 3ml PBS in room temperature for 3, 5, 10, 15, 20 and 30 min, and then adding 100μl DTNB and 20μl ATCI according to the spectrophotometric method to start the reaction.

B. AChE was incubated in 4ml PBS with 4 pieces of clean cabbage leaf discs and incubated for 3, 5, 10, 15, 20 and 30 min in room temperature. Then transferred 3ml of the mixture into a cuvette, and the reaction was started by adding DTNB and ATCI according to the spectrophotometric method.

The absorbance change per minute was recorded, and the AChE activity (ΔAbs /min) of different treatments were compared.

ii. The effect of methamidophos reaction time on AChE: In this study, the reaction time of methamidophos on AChE is investigated. Twenty microliter AChE and 20μl of methamidophos solution were incubated in 0.5ml PBS for 5, 10, 15, 20 and 30min. After incubation, start the reaction according to the spectrophotometric method used in IV-i-A. All the tests were compared to the control test without methamidophos. By adjusting the volume of methamidophos solution to 50μl, the second set of test was performed for comparison.

iii. The AChE detectability of methamidophos on plant: In this test, the possible usage of AChE for

methamidophos residue detection is explored.

A. Forty microliter AChE was incubated with 4 pieces of methamidophos-treated leaf discs in 4ml PBS for 5, 10, 15, 20 and 30 min. After incubation, 3ml mixture was transferred into the cuvette, and the reaction was started according to the spectrophotometric method described in IV-i-B.

B. Same experiment was conducted by ELISA reader with kinetic mode for massive sampling technique according to IV-ii method.

The results of both tests were compared for repeatability and adjustment.

RESULTS AND DISCUSSION

AChE stability study:

In the buffer only treatment, the FH AChE activity was 0.4 ΔAbs/min and remained unchanged for 30 min in room temperature. When incubated with 4 leaf discs, more enzyme (40μl) was used to compensate the possible absorption of leaf surface, and the AChE activity stay at 0.53 ΔAbs/min for 30 min (Table 1). Both results indicated that the FH AChE of TARI is stable enough to perform the methamidophos incubation test up to 30 min in room temperature without any problem of activity degradation.

Table 1. AChE stability in room temperature

Incubation solution	Assay solution	ΔAbs/min in different incubation time ±(S.E.)					
		3 min	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min
3ml PBS buffer +20μl AChE	3.02ml mixture +100μl DTNB +20μl ATCI	0.40 (0.01)[z]	0.39 (0.01)	0.40 (0.01)	0.39 (0.01)	0.41 (0.01)	0.41 (0.01)
4ml PBS buffer +0.4g leaf discs +40μl AChE	3ml mixture +100μl DTNB +20μl ATCI	0.54 (0.01)	0.51 (0.01)	0.53 (0.01)	0.55 (0.01)	0.53 (0.01)	0.54 (0.01)

[z] The difference is not significant.

The effect of methamidophos reaction time on AChE:

The inhibitory effect of various concentrations of methamidophos at different reaction time was measured (Figures 1). In this test, inhibition of AChE beyond 35%, the current warning level used in toxicity test, is considered to be significant. Incubation of AChE with methamidophos for 5 min does not cause significant inhibition at concentration of 1ppm or below, and a 36% inhibition was observed at 4.6ppm treatment. Increasing the incubation time lead to the improvement of the inhibitory effect of methamidophos to FH AChE. For example, 0.6ppm methamidophos resulted in 37% inhibition in the 30min treatment, an 8-fold increase (4.6ppm/0.6ppm = 7.7) in sensitivity. The dilution of methamidophos in the first test is 27-fold (20μl in 540μl incubation mixture), and is 11.4-fold in the second test (Fig. 2) (50μl in 570μl incubation mixture). However, the inhibitory responses of AChE in relation to methamidophos dosage were similar in both tests.

The data of Figures 1 and 2 were analyzed by probit[3] to establish the regression between AChE inhibition and methamidophos dosage. The estimated correlation was presented in Table 2. For 30 min treatment, the sensitivity of AChE to methamidophos in the first test is tabulated on I_{75}, I_{50}, I_{45}, I_{35}, and the corresponding dosages are 2.23, 0.91, 0.76 and 0.54ppm, respectively. In the second test, the correspondent dosages were 2.50, 1.19, 1.04 and 0.75ppm, respectively, and they are not significantly different from the first test. When

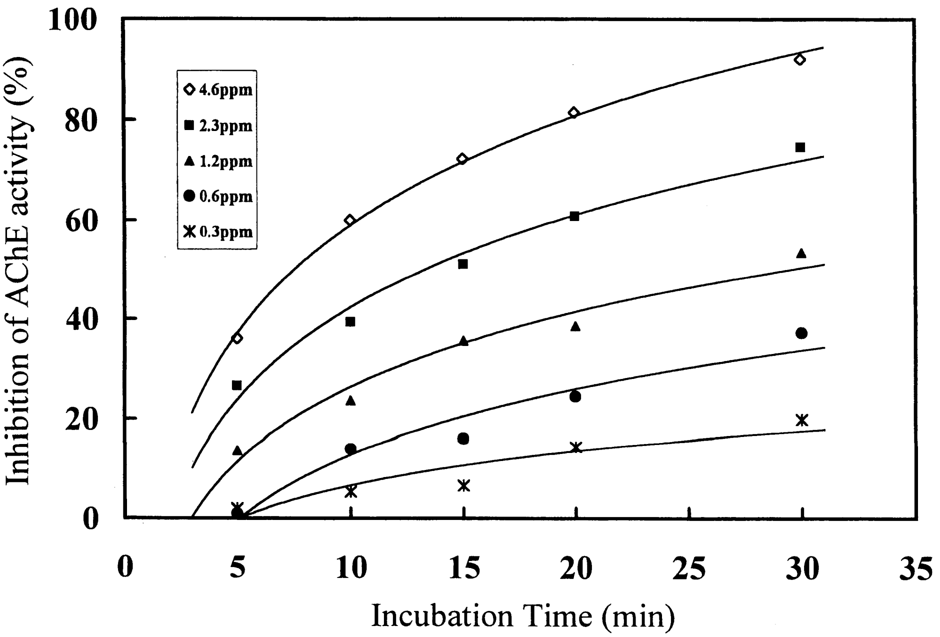


Fig. 1. Observed AChE inhibition by different methamidophos concentrations at different incubation times.

Note: (1) 0.5ml PBS + 20μl AChE + 20μl methamidophos solution for incubation (D.F. = 27X).

(2) After incubation, added 100μl DTNB and 20μl ATCI to assay the AChE activity.

(3) The treated AChE activity was compared with control for inhibition.

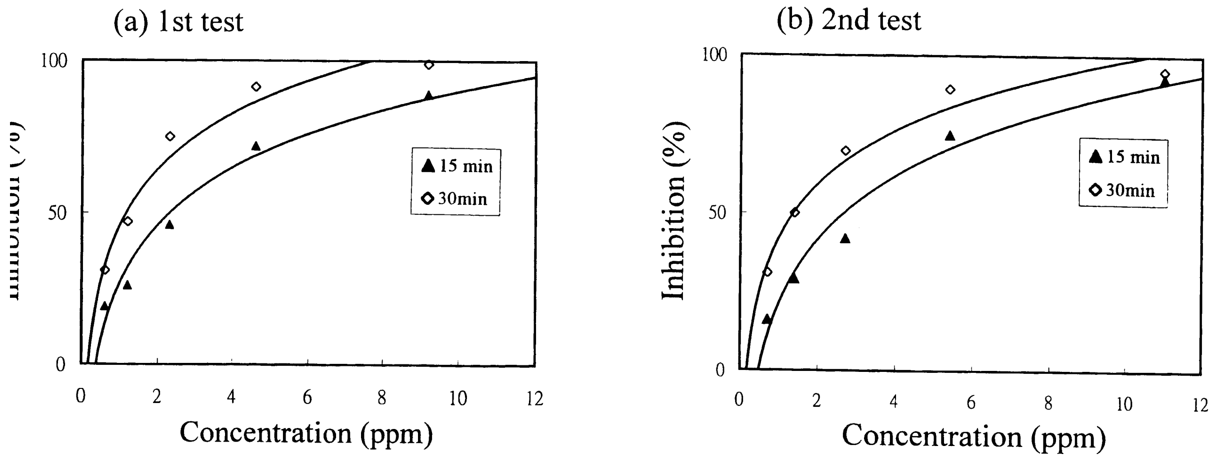


Fig. 2. Observed AChE inhibition of methamidophos at two dilution tests.

(a) 1st test: 0.5ml PBS + 20ul methamidophos + 20ul AChE (D.F.=27X)

(b) 2nd test: 0.5ml PBS + 50ul methamidophos + 20ul AChE (D.F.=11.4X)

incubated 15min, two tests also produced similar results. Both sets of test results were then averaged in the mean values of corresponding dosages in Table 2.

Table 2. Estimated concentration of methamidophos to produce the AChE inhibition at different incubation times

% inhibition	15 min incubation			30 min incubation		
	D.F. = 27X	D.F. = 11.4X	Ave.	D.F. = 27X	D.F. = 11.4X	Ave.
25	0.93ppm	1.12ppm	1.03ppm	0.37ppm	0.57ppm	0.47ppm
35	1.36	1.60	1.48	0.54	0.78	0.66
45	1.90	2.20	2.05	0.76	1.04	0.90
50	2.24	2.55	2.40	0.91	1.19	1.05
75	5.38	5.77	5.58	2.23	2.50	2.37
90	11.87	12.04	11.96	5.03	4.88	4.96

Observations of Figures 1 and 2 provided direct evidence that the inhibitory effect of methamidophos on FH AChE is slow, stable, and cumulative. If the methamidophos were not easily hydrolyze *in vivo*, its slow poisoning to AChE in nerve system will become significant and eventually cause biochemical blocking of the nerve function. Although the action of methamidophos on AChE is slow and stable, it is dosage-dependent. In Figure 3, the % AChE inhibition/min was calculated at different point of incubation time. At 4.6ppm, a complete inhibitory AChE is estimated at 40-50 min and the regression pattern (line II) is different from that of 1.2ppm (line I), which induced much slower AChE inhibition progress rate.

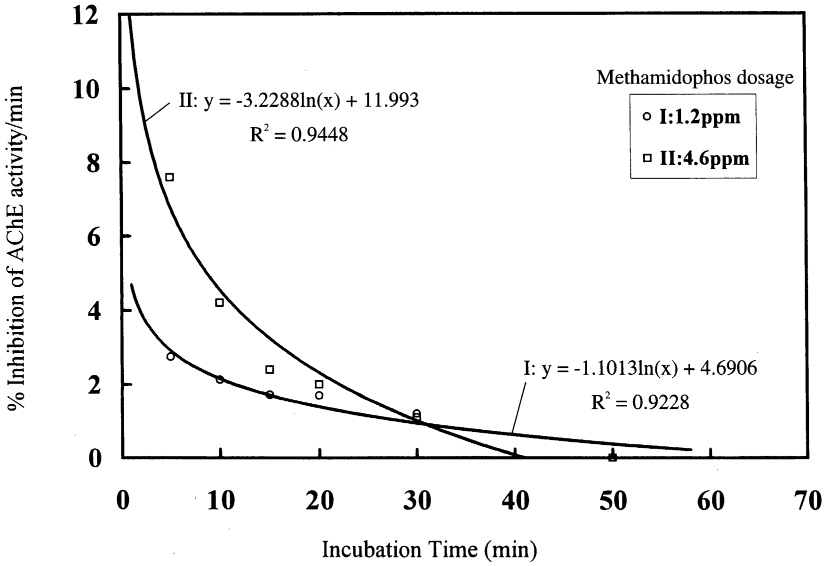


Fig. 3. Inhibitory effect of methamidophos to AChE in relation to the incubation time at two dosages.

The comparison in Figure 3 reflects a difference of *in vitro* test from *in vivo* poison. Although the methamidophos poisoning is slow and stable at the beginning (at low concentration or line II), if the animals

continue to absorb methamidophos, increased dosage in the body fluid will change the progress of AChE inhibition from regression line I to regression line II. In other word, more rapid. While in the *in vitro* study, only the fixed dosage response of AChE can be observed.

The AChE detectability of methamidophos on plants:

In the third part of this study, we found the methamidophos residue on plant material can be detected by FH AChE down to the ppm level. The results are presented in Table 3. In the dipping test, the cabbage leaf dipped with 31.25ppm or higher concentration of methamidophos showed very consistent AChE inhibition, hence we consider the sensitivity threshold is at 31.25ppm, and following discussion is mostly based on this dosage. A parallel test on ELISA reader provides the same result (Table 3, Part II).

Table 3. Comparison of methamidophos inhibition on AChE at different incubation times

Concentration of methamidophos for leaf dipping, ppm	% AChE inhibition				
	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min
(Test by Spectrophotometer)					
250ppm	100	100	100	100	100
125ppm	56	74	95	97	98
62.5ppm	52	64	61	82	83
31.25ppm	20	43	45	33	43
15.63ppm	0	6	0	0	0
(Test by ELISA reader)					
250ppm	91	92	94	95	97
125ppm	44	56	69	90	91
62.5ppm	16	51	58	66	69
31.25ppm	20	39	44	46	39
15.63ppm	0	5	0	0	3

When the cabbage leaf was dipped in 31.25ppm and assayed in the 4-leaf discs testing procedure, the presence of methamidophos can be detected by FH AChE inhibition at 35% or more (Table3, Part I). Equivalent study on ELISA reader provided the same result and presented in part II of the same Table. The cabbage seedling leaf is rather thin in thickness compared with the marketable size common cabbage, and the weight of 4 leaf discs is 0.4gram, which can pick up 0.096gram of 31.25ppm solution or 3.0μg methamidophos and resulted in 7.5ppm residue (Table 4) and 45% AChE inhibition. The 45% AChE inhibition is corresponding to the 0.9ppm dosage response in Table 2. In 4.04ml reaction solution, 0.9ppm equivalent to 3.6μg and this figure is close to the estimated uptake of 3μg in leaf dipping treatment or an almost 100% recovery was obtained in residue analysis. The high recovery of methamidophos in buffer solution fits the physical character of high water solubility of methamidophos.

Table 4. Amount of methamidophos deposition and AChE inhibition by leaf dipping treatment at 31.25ppm

Cabbage size	Weight of leaf disc, g		Weight of methamidophos solution, g	AChE inhibition
	Before dipping	After dipping		
Seedling	0.1005 ± 0.0167^{z}	0.1244 ± 0.0136	0.0239 ± 0.0053	ca. $45\%^{x}$
Marketable	0.2558 ± 0.0998	0.2895 ± 0.0770	0.0337 ± 0.0094	>45%

^{z} n = 20.

^{x} 45% inhibition on AChE activity is considered as the detection threshold.

<Estimated recovery of methamidophos by PBS extraction>

(i) Cabbage seedling: 31.25μg/g x 0.0239g x 4 = 3μg

3μg/(0.1005 x 4)g = 7.43ppm..........methamidophos residue

(ii) Marketable size cabbage:

31.25μg/g x 0.0337g x 4 = 4.2μg

4.2μg/(0.2558g x 4) = 4.2ppm.........methamidophos residue

L_{45} in Table 2 is 0.9ppm, and 4.04ml x 0.9ppm = 3.6μg

For the marketable common cabbage, the leaf is much thicker than that of seedlings and its weight is 0.256gram per leaf disc (Table 4). In dipping treatment, 31.25ppm methamidophos solution was absorbed in a unit of 0.034 gram/disc. For 4 leaf discs, 4.25μg methamidophos was deposited on 1.024g of plant material, of 4.15ppm residue, and higher than 45% AChE inhibition was recorded, hence the FH AChE detection sensitivity at 35% inhibition for methamidophos residue in plant is estimated at 2-4ppm.

In the ELISA reader test, the results completely match the single AChE test on spectrophotometer (Part II of Table 4).

CONCLUSION

Chiu *et al.*[1] reported that FH AChE was weakly inhibited when incubated with methamidophos for 3 min. The FH AChE of TARI was used in this study since it is stable in room temperature and can tolerate long incubation time. Because the action of methamidophos on AChE is slow, by increasing the incubation time of methamidophos and FH AChE, increased inhibitory effect is expected. The purpose of measuring methamidophos sensitivity to FH AChE is to explore the possibility of utilizing FH AChE to detect methamidophos residue on plant to the ppm level.

In this study, we have confirmed that the slow and stable inhibitory effect of methamidophos to AChE. By increasing the incubating time, the AChE detectability of methamidophos can be improved. The modified test is fast and sensitive enough to fit the purpose of developing the quick bioassay in methamidophos residue detection. We also found the extraction of methamidophos by aqueous PBS is satisfactory, which might due to the high water solubility of methamidophos, and almost complete recovery of methamidophos from plant material is obtained. The sensitivity of FH AChE in detecting methamidophos residue on plant materials can be measured at the concentration of 4ppm or below, which makes FH AChE a very useful tool in monitoring the methamidophos residue.

REFERENCES

1. Chiu, C. S., C. H. Kao, and E. Y. Cheng. 1991. Rapid bioassay of pesticide residues (RBPR) on fruits and vegetables. J. Agric. Res. China 40: 188-203.
2. Ellman G. L. 1959. Tissue sulfhydryl groups. Arch. Biochem. Biophys. 82: 70-77.
3. Finney, D. J. 1971. Probit Analysis. University Press, Cambridge.
4. Fukuto, T. R. 1978. Insecticide metabolism and mode of action. Pure Appl. Chem. 50: 1015-1032.
5. Hassall, K. A. 1982. The Chemistry of Pesticides - Their metabolism, mode of action and uses in crop protection. The MacMillan Press Ltd., London and Basingstoke. 372pp.
6. Khasawinah, A. M. A., R. B. March, and T. R. Fukuto. 1978. Insecticidal properties, antiesterase activities and metabolism of methamidophos. Pestic. Biochem. Physiol. 9: 211-221.
7. Magee, P. S. 1982. Structure-activity relationships in phosphoramidates. In "Insecticide Mode of Action (J. R. Coats, ed.)", pp.

101-161. Academic Press Inc., New York.
8. Magee, P. S., and B. L. McCaskey. 1974. The effect of O,O-dimethyl phosphoramidate on monitor rat toxicity. (Unpublished studies at Chevron Chemical Company, Richmond, California.)
9. O'Brien, R. D. 1967. Insecticides - Action and metabolism. Academic Press, New York and London. 332pp.

達馬松對家蠅乙醯膽鹼酯酶抑制特質之研究[1]

鄭允、高靜華、黃毓斌、曾佳琳[2]

摘要

早期曾利用農業試驗所飼養家蠅所純化之乙醯膽鹼酯酶，測試其對達馬松作用3分鐘之敏感度，以25%抑制率爲基準時之敏感度甚低。由於達馬松具有高水溶性以及作用於乙醯膽鹼酯酶時反應較慢之特性，本研究乃著力於修正以乙醯膽鹼酯酶檢測達馬松之方法，期能提高兩者間之敏感度。因乙醯膽鹼酯酶可在室溫下反應30分鐘，而其活性仍保持不變，故與達馬松作用時經由不同反應時間(3~30分鐘)及不同濃度(0.3-4.6ppm之間)進行比較測試。結果顯示，作用5分鐘時，需4ppm達馬松才可達到36%抑制，但反應時間增長爲30分鐘時，僅須0.6ppm達馬松即可達37%之抑制，檢測敏感度可提高近8倍。此外，檢測達馬松在葉片上殘留時，無需使用甲醇或乙醇萃取，改爲直接以緩衝液萃取，結果甚爲理想。經由抑制率之估算，緩衝液之萃取回收率幾達100%，可檢測之達馬松殘留量以植物體重量估算，約爲2-4ppm。此一敏感度與容許量之範圍已甚爲接近，而使乙醯膽鹼酯酶用於檢測達馬松殘毒之應用性大幅提昇。

關鍵詞：家蠅乙醯膽鹼酯酶、達馬松、酵素穩定性、回收率、敏感度。

1.行政院農業委員會農業試驗所研究報告第2048號。

2.本所應用動物系研究員、副研究員、助理研究員及計畫助理。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

中華農業研究稿約

一、本刊為行政院農業委員會農業試驗所發行之學術性季刊，刊登農業試驗研究相關之研究報告及研究簡報。

二、來稿可用中文或英文撰寫，包括原稿一份及影本二份（內各附照片原圖）。稿件以未在其他刊物發表者為限。稿紙以A4紙張（長29.6公分，寬21公分）打字列印，每頁以不超過二十五行為原則，上下應預留3公分，左右2公分空間，以便審查。

三、來稿經編審委員會審查合格後刊登，由本刊印贈抽印本50本；彩色頁印刷及抽印本加印份數，由投稿人負擔印製費用。

四、稿件格式請依以下說明繕打：

㈠第一頁為中文稿之中英文題目、作者之中英文姓名；英文稿之英中文題目、作者之英中文姓名。英文題目除介系詞、連接詞等字外，每字第一字母應大寫：英文姓名：名字在前，姓氏在後，作者二人或二人以上，最後一人前加"and"字樣，其表示方法如Chen-Seng Huang, Chen-Chang Chen and Chyr-Guan Chern。

㈡第二頁為中（英）文稿之中（英）文摘要與關鍵詞。中、英文摘要均不分段落。中文摘要以不超過五百字，英文摘要(Summary)以不超過三百字為原則。關鍵詞(Key words)不能超過五個，每個英文關鍵詞第一字母應大寫，其表示方法如Key words:Heritability, Indirect selection.

㈢第三頁為中（英）文稿之英（中）文摘要與關鍵詞。中、英文摘要與關鍵詞書寫方式比照上項方式辦理。

㈣第四頁為行政院農業委員會農業試驗所研究報告刊登之編號（編號騰空）、作者之註腳，如通信作者、發表場合、服務機關、及其他相關事項等，以小號數字表示順序。

㈤第五頁起為本文，依序為前言(INTRODUCTION)、材料與方法(MATERIALS AND METHODS)、結果(RESULTS)、討論(DISCUSSION)、誌謝(ACKNOWLEDGEMENTS，含計畫編號）、引用文獻(REFERENCES)、表、圖之說明(LEGEND)及圖，其中結果及討論兩項可合併為「結果與討論(RESULTS AND DISCUSSION)」；研究簡報則不分章節，內容簡短，以不超過四印刷頁為度（約6,000字）。農推、農經研究報告參考本方法書寫。

㈥表格應注意事項：

1.表格應分別繕製，上方須有標題，並加表1(Table 1.)，表2(Table 2.)等冠號。

2.中文稿之表格標題應中英文並列，冠號與表幅齊頭，表內項目及內容以英文書寫。英文標題及各欄英文細目，除第一字之第一字母大寫外，餘均小寫。

3.表中加註，需以z, y, x,……等縮小小寫字母置於右上角，並於表下依該縮小小寫字母逐次敘述。

4.表格僅列橫線，直線全免。

5.每一表格應在文中標示清楚，以便對照。

㈦圖片及照片應注意事項：

1.插圖（需為封閉方格，正方形或長方形）以黑色墨水分別繪製在繪圖紙或描繪紙（白色透明紙）上。如以電腦繪圖，請以鐳射印表機或同規格之印表機列印，力求清晰。

2.圖中加註者，應於圖說明中註明。

3.照片以光面紙為原則，清晰度以縮小50%可判讀為宜：多幅照片儘量製成併版；如有特別指

明，應加圈或箭頭表明；顯微照相，應加比例尺大小；照片大小以不超過版面(25cm × 18cm)爲宜。

4. 圖片及照片下方應有標題及說明，並加圖 1(Fig.1)，圖 2(Fig.2)等冠號；中文稿應中英文併寫，力求簡短。

5. 照片、圖片背面應註上冠號及作者姓名，以免排印錯誤。

6. 每一圖片應在文中標示清楚，以便對照。

(八)引用文獻注意事項：

1. 中、日文文獻以作者姓氏筆劃爲序，英文文獻以姓氏之字母爲序。中日韓英文併陳時，中文在前，日、韓文居次，英文隨後，其中作者相同，以年代爲序；同一作者同一年代之不同文獻，則增列 a,b,c 等區分。作者二位時，中、日、韓文文獻以"和"連接，英文文獻以"and "連接；作者三位或以上時，中、日、韓文文獻於第一作者後加"等"，英文文獻加"et al"。

2. 英文稿內之引用文獻中若有原始文獻爲中文者，請採用英文；其他語文文獻，請自行轉譯爲英文。

3. 西文雜誌名須用縮寫，其縮寫方式根據美國出版之 " Biological Abstracts " 雜誌規定，中日文雜誌用全名。

4. 排序後之引用文獻前加註 1,2,3,……等序號；本文內容註明引用文獻出處時，直接以 [1] 或 [1,2,3] 等小號字表示。

5. 文獻的書寫範例如下：

(1)文獻出自學術性刊物

1. 陳隆澤、胡念才。1983。水稻品種（系）對稻熱病抵抗性反應之研究。中華農業研究 32:1-13。

2. Hsu, S. H., T. Y. Chung, T. C. Kuo and S. F. Wang. 1992. Studies on the micro-climate of greenhouse. I. Light environment of greenhouse (in Chinese). J. Agric. Assoc. China 157:34-43.

3. Weng, J. H. 1992. CO_2 exchange characteristics of C_3 and C_4 vegetable crops in response to light and nitrogen (in Chinese). J. Agric. Assoc. China 157:21-33.

(2)文獻出自著作性書籍

1. 楊清白。1980。家畜飼料學。74-108 頁。藝軒。台北。

2. Sung, J.M. 1991. Nitrogen Metabolism of Rice. p.100. Chinese Agronomy Press, Taipei.

(3)文獻出自編輯性書籍

1. Lo, W.S. 1991. The effect of calcium on nitrogen metabolism pp.100-110. in:Biology of Rice. (Sung, J. M. and D. J. Liu, eds.) Chinese Agronomy Press, Taipei.

(九)文字敘述之號次以下列爲序：

1. 中文用：一、（一） 1. (1) ①

2. 英文用：I. i A. a.

(十)單位採用 SI units 爲準，不另加中文。統計分析顯著性應加註說明。

(土)生物學名應於下方加底線，以便排斜體字。

五、稿件內容務須依照上列規定格式書寫，並勿一稿兩投；本刊編輯委員保有修改與退稿之權利。

六、文稿經本刊接受後，由作者負責前二校；非經本刊同意不得轉戴。

七、其他未盡事宜得隨時修正或補充。

中 華 農 業 研 究

第四十九卷 目 次

第一期

賴吉雄、楊清祥、陳邦華、陳烈夫、陳志昇、劉大江——水稻育苗板台農一號之研製 ……1

胡敏夫、劉新裕、羅淑卿、盧煌勝——仙草新品種農試1號之育成 ……12

陳 述、陳 成、范明仁、鄒篪生——簡化綠豆種原形態結構多樣性之研究 ……26

楊淑惠、簡伯容——乳酸發酵甜瓜汁之研究 ……35

吳繼光、林淑媛、林素禎——殺草劑因子對叢枝內生菌根菌族群變動之影響 ……42

吳繼光、林素禎——叢枝菌根菌接種對香水百合鱗莖生長與磷含量之影響 ……50

吳繼光、林素禎、林淑媛、莊耿彰——微生物接種對於火鶴花(Anthurium andraeanum)組織培養苗生育之影響 ……57

林素禎、黃山內、洪崑煌、吳繼光——微生物接種對苦柚及文旦柚種苗生長之效應 ……63

楊世華、陳唐平、潘德芳——蓮霧農場技術效率之分析 ……76

第二期

李長沛、郭益全、吳詩都——栽培稻與野生稻種間雜種及回交後裔族群糙米性狀之遺傳研究 ……1

賴永昌、利幸貞、陳一心——葉菜甘藷台農71號之育成 ……14

劉新裕、朱戩良、林義恭、張同吳、王昭月——保健用藥用植物之重金屬元素分析 ……28

呂秀英——離群值鑑定方法應用於作物區域試驗穩定性分析之例釋 ……36

張有明、鄭櫻慧、許華欣、黃鵬林——苦瓜果實構造及發育之研究
II苦瓜胚、種子和果實的發育 ……49

溫宏治——兩種檬果葉蟬之田間分布與藥劑防治 ……61

蔡致榮、梁連勝、陸龍虎——氣輔噴霧系統之模擬評估 ……68

黃禮棟、周廷弘、梁連勝、楊智凱——酸桔果肉種子分離機之研製 ……88

王清玲——台灣薊馬之種類(5) ……94

第三期

陳烈夫、呂秀英、魏夢麗、呂椿棠——水稻非破壞性葉面積估算模式之準確度及應用性的比較 ……1

羅正宗、陳一心——穀物收穫量測定器的推估值應用於水稻產量比較試驗之可行性探討 ……14

謝光照、曾富生——外來種源與台南白自交系F_1雜種後裔之產量雜種優勢及其鮮食用之潛能 ……23

謝光照、何千里、盧煌勝——外來白胚乳玉米自交系間F_1雜種後裔之產量潛能探討 ……34

歐錫坤、黃明福、李清彬、呂仕仁、宋家瑋——桃需冷量與海拔高度間的相互關係 ……46

彭金騰、戴閔聰、蔡英芳——加溼控制方法對杏鮑菇瓶栽自動化生產之影響 ……54

彭金騰、李建民、蔡英芳——米糠對不同杏鮑菇品系瓶栽自動化生產之影響(英文) ……60

梁連勝、黃國祥、周廷弘——香菇切柄機之研製 ……68

第四期

吳永培、許愛娜、謝兆樞、黃懿秦——白米胺基酸含量品種間之差異及其與食味間之關係 ……1

姚銘輝、盧虎生、朱 鈞、蔡金川－－DSSAT模式在預測水稻產量及氣候變遷衝擊評估之適用性探討 ……16
蕭翌柱、戴宗德、陳忠川、蔡新聲－－湖北貝母組織培養之研究－
I.不同來源培植體誘導鱗片及胚狀化癒合組織之形成 ……29
陳威臣、戴宗德、陳忠川、蔡新聲－－湖北貝母組織培養之研究－
III.培養基組成分及光照處理對誘導小鱗莖發根之影響 ……39
溫英杰、吳雅婷－－油桃早期胚培養之研究 ……48
彭金騰、李建民、蔡英芳－－不同有機添加物對杏鮑菇瓶栽自動化生產影響之研究 ……56
林素禎、洪崑煌、吳繼光－－囊叢枝內生菌根菌在臺灣代表性土壤中之分布 ……65
潘德芳、葉節耀－－台灣主要柑橘有機施肥之效益評估 ……81
鄭 允、高靜華、黃毓斌、曾佳琳－－達馬松對家蠅乙醯膽鹼酯酶抑制特質之研究（英文） ……89

JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

Contents of Volume 49, 2000

NO. 1

Chi-Hsiung Lai, Ching-Hsiang Yang, Bang-Hua Chen, Lit-Fu Chan, Chih-Sheng Chen and Dah-Jiang Liu——Development of Tainung No. 1 Tray for the Nursery of Rice Seedlings 1

Min-Fu Hu, Sin-Yie Liu, Shu-Chin Lo and Hung-Shung Lu——Development of Hsian-tsao Variety TARI No. 1 12

Shu Chen, Cheng Chen, Ming-Jen Fan and Samson C. S. Tsou——Structure Simplification for Morphological Diversity in a World Germplasm Collection of Mungbean (*Vigna radiata* (L.)Wilczek) 26

Shu-Hui Yang and Po-Jung Chien——Studies on Lactic Acid Fermentation of Melon (*Cucumis melo* L.) Juice 35

Chi-Guang Wu, Su-Yuang Lin, and Su-Chen Lin——Herbicide, a Stress Factor on the Population Fluctuation of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi 42

Chi-Guang Wu and Su-Chen Lin——Inoculation Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on the Growth and Phosphorus Contents of Oriental Lily Bulb 50

Chi-Guang Wu, Su-Chen Lin, Su-Yuang Lin, and Keng-Chang Chuang——Growth Responses of *Anthurium andraeanum* After Microbial Inoculation 57

Su-Chen Lin, Shan-Ney Huang, Kun-Huang Houng and Chi-Guang Wu——Effect of Microbial Inoculation on the Seedling Growth of *Citrus maxima* and Wentan Pomelo 63

Shi-Hua Yang, Tarng-Ping Chen and Te-Fang Pan——Technical Efficiency Analysis for Wax Apples Farms 76

NO. 2

Charng-Pei Li, Yih-Chuan Kuo and Shu-Tu Wu——Genetic Studies on the Brown Rice Characteristics in the Progenies Derived from the Hybrid and Backcross between *Oryza sativa* L. and *O. nivara* Sharma et Shastry 1

Yung-Chang Lai, Hain-Clen Lee and Yi-Sin Chen——Development of Leafy Sweet Potato Variety Tainung 71 14

Sin-Yie Liu, Gean-Liang Zu, Yi-Kung Lin,Torng-Wu Chang and Jau-Yueh Wang——Studies on Contents of Heavy Metal Elements from 17 Medicinal Plants 28

Hsiu-Ying Lu——A Demonstration of Outlier Detection on Stability Analysis of Crop Regional Trial 36

Chang You-Ming, Ying-Hiey Cheng, Wha-Shin Hsu and Pung-Ling Huang——Observation of Fruit Anatomy and Development of Bitter Gourd- II Development of Embryo, Seed and Fruit of Bitter Gourd 49

Hung-Chich Wen——Field Distribution and Chemical Control of Two Species of Leafhoppers on Mango in Taiwan 61

Jyh-Rong Tsay, Lien-Sheng Liang and Lung-Hu Lu——Evaluation of Air-assisted Spraying System by Simulation 68

Li-Duhng Huarng, Tyng-Horng Chou, Lien-Sheng Liang and Chih-Kai Yang——A Study on the Sunki Seeds and Flesh Separator 88

Chin-Ling Wang——Thysanoptera of Taiwan(5) 94

NO. 3

Lit-Fu Chan, Hsiu-Ying Lu, Meng-Li Wei, and Chun-Tang Lu——A Comparison of the Accuracy and Applicability of Different Models for Non-destructive Leaf Area Estimation in Rice 1

Jeng-Chung Lo and Yi-Shin Chen——Studies on the Application Possibility of Cropton Value for Yield Trial of Rice 14

Guang-Jauh Shieh and Fu-Sheng Thseng——Heterosis and Potential for Green Corn of F_1 Hybrids Among Tainan-white and Exotic Inbred Lines in Maize 23

Guang-Jauh Shieh, Chan-Lee Ho and Hung-Shung Lu——Yield Potential of F_1 Hybrids Among Exotic White Endosperm Inbred Lines of Maize 34

Shyi-Kuan Ou, Ming-Fwu Hwang, Ching-Pin Li, Shih-Jen Lu and Chia-Wei Song——The Relationship between Cultivar's Chilling Requirement and Planting Altitudes of Peaches ······ 46
Jin-Torng Peng, Min-Cong Dai and Yin-Fang Tsai——Effect of Different Methods for Controlling Humidification on the Production of *Pleurotus eryngii* Using Bottle Cultivation Technology ······ 54
Jin-Torng Peng, Chien-Ming Lee and Yin-Fung Tsai——Effect of Rice Bran on the Production of Different King Oyster Mushroom Strains During Bottle Cultivation ······ 60
Lien-Sheng Liang , Kuo-Hsiang Hwang and Tyng-Horng Chou——Development of the Shiitake Stalk Cutter ······ 68
NO. 4
Yong-Pei WU, Ai-Na Hsu, Jaw-Shu Hsieh and Yih-Ching Huang——Studies on the Differences of Amino Acids of Milled Rice among Rice Varieties and its Relationship to Eating Quality of Cooked Rice ······ 1
Ming-Hwi Yao, Huu-Shen Lur, Chun Chu and Jin-Chuan Tsai——The Applicability of DSSAT Model to Predict the Production of Rice and to Evaluate of Climate Change ······ 16
Yih-Juh Shiau, Chung-Der Tai, Chung-Chuan Chen andHsin-Sheng Tsay——Studies on the Tissue Culture of *Fritillaria hupehensis* Hsiao et K. C. Hsia —I. The Induction of Bulbscale and Embryogenic Callus from Different Source Explants ······ 29
Uei-Chin Chen, Chung-Der Tai, Chung-Chuan Chen andHsin-Sheng Tsay——Studies on the Tissue Culture of *Fritillaria hupehensis* Hsiao et K. C. Hsia III. Influence of Medium Component and Light Treatment on In vitro Rooting, and Acclimatization of Bulblet ······ 39
Ien-Chie Wen and Ya-Tin Wu——Factors Affecting Embryos Culture of Nectarine ······ 49
Jin-Torng Peng, Chien-Ming Lee and Ying-Fung Tsai——Effect of Different Organic Supplements on the Production of King Oyster Mushroom by Using Bottle Cultivation Technology ······ 56
Su-Chen Lin, Kun-Huang Houng, and Chi-Guang Wu——General Survey of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Selected Soils of Taiwan ······ 65
Te-Fang Pan and Light Chie-Yauw Yeh——The Evaluation of Benefits of Organic Fertilizers Application for Main Citrus in Taiwan ······ 81
Edward Y. Cheng, Ching-hua Kao, Yu-bing Hwang and Chia-lin Tzeng——Inhibitory Characteristics of Methamidophos on Housefly Head Acetylcholinesterase ······ 89

中 華 農 業 研 究

第四十九卷　第四期

中華民國八十九年十二月出版

發 行 人：林 俊 義
總 編 輯：陳 炳 輝
編審委員：
農藝組：盧 煌 勝（主審）
王 強 生　呂 秀 英　陳 一 心　楊 純 明
劉 大 江　劉 新 裕　蔡 新 聲
園藝組：蕭 吉 雄（主審）
王 德 男　施 昭 彰　徐 信 次　劉 政 道
歐 錫 坤
農化組：林 木 連（主審）
王 鐘 和　吳 繼 光　郭 鴻 裕　劉 慧 瑛
植病組：張 清 安（主審）
安 寶 貞　林 正 忠　彭 金 騰　程 永 雄
蔡 武 雄
昆蟲組：羅 幹 成（主審）
王 清 玲　何 琦 琛　陳 健 忠　鄭　允
鄭 清 煥
農機組：梁 連 勝（主審）
黃 禮 棟　蔡 致 榮

另聘請農業評議委員或各大學院校有關學者專家擔任審查委員。

Vol. 49, No.4 Dec. 2000

JOURNAL
OF
AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA

PUBLISHER: Chien-Yih Lin

EDITOR IN CHIEF: Bing-Huei Chen

EDITORIAL BOARD:

Chin-An Chang (Plant Pathology)
Chi-Hsiung Hsiao (Horticulture)
Lien-Sheng Liang (Agri. Engineering)
Mu-Lien Lin (Agri. Chemistry)
Kang-Chen Lo (Applied Zoology)
Hung-Shung Lu (Agronomy)

EDITORIAL ADVISORY BOARD:

Pao-Jin Ann	Chien-Chung Chen	Yi-Shin Chen
Ching-Huan Cheng	Edward Yun Cheng	Yung-Hsiung Cheng
Horng-Yuh Guo	Chyi-Chen Ho	Hsin-Tszu Hsu
Li-Duhng Huarng	Cheng-Chung Lin	Tsung-Dao Liou
Dah-Jiang Liu	Huey-Ing Liu	Sin-Yie Liu
Hsiu-Ying Lu	Shyi-Kuan Ou	Jin-Tong Peng
Jau-Chang Shih	Wu-Hsiung Tsai	Hsin-Sheng Tsay
Jyh-Rong Tsay	Chan-Sen Wang	Chong-Ho Wang
Chin-Ling Wang	Der-Nung Wang	Chi-Guang Wu
Chwen-Ming Yang		

Reviewers of related fields are invited from universities, and other research organizations.

感謝本刊之評審委員們

本刊刊載本所研究報告，無論篇幅與內容上，均有長足之成長與進步，深受各界所支持。謹此，對今年參與本刊稿件評審工作的諸位評審委員（如下列；依姓氏筆劃排序），表示誠摯之謝意！

王才義	王均琍	王順成	王慶裕	申　雍
白　鍂	吳文哲	呂秀英	李宗儒	李皇照
李朝賢	李瑞興	林金和	林俊隆	林順福
林瑞松	侯福分	胡凱康	倪正柱	馬堪津
張和喜	張東柱	張喜寧	許圳塗	陳　中
陳　成	陳良築	陳其昌	陳秋男	陳淑恩
陳連勝	陳雪娥	陳琦玲	陳瑞青	陳福旗
傅祖壇	曾慶瀛	程永雄	馮騰永	黃山內
黃伯恩	黃振文	黃肇家	黃禮棟	黃麗春
黃懿秦	楊仲圖	楊秋忠	楊純明	楊耀祥
葉茂生	劉　清	劉玉章	劉景平	劉慧瑛
歐錫坤	蔡致榮	鄭心嫻	鄭清煥	盧虎生
盧福明	蕭景楷	賴建洲	賴博永	錢明賽
簡宣裕	簡秋源	蘇宗宏	欒家敏	(以下空白)

中華農業研究第四十九卷第四期

編　者：行政院農業委員會農業試驗所

發行人：林俊義

發行所：行政院農業委員會農業試驗所

地　址：台中縣霧峰鄉413萬豐村中正路一八九號

網　址：http://www.tari.gov.tw

電　話：(04)330-2301～5

展售書局：

1.三民書局／台北市重慶南路一段62號　(02)2361-7511

2.中正書局／台北市衡陽路20號　(02)2382-1394

3.五南文化廣場／台中市中山路2號　(04)2260330

4.新進圖書廣場／彰化市光復路177號　(04)7252792

5.青年書局／高雄市青年一路141號　(07)3324910

編　輯
印製者：榮裕實業股份有限公司

地　址：台中市大慶街二段二十號

電　話：(04)2618008

中華民國89年12月出版

定　價：NT175元

Vol. 49, No.4 Dec. 2000

JOURNAL OF
AGRICULTURAL RESEARCH OF CHINA
(Formerly Journal of Taiwan Agricultural Research)

行政院新聞局出版事業登記證局版臺省誌字第二九八號
中華郵政中臺字第〇二〇九登記為雜誌交寄

CONTENTS

Studies on the Differences of Amino Acids of Milled Rice among Rice Varieties and its Relationship to Eating Quality of Cooked Rice
……………Yong-Pei Wu, Ai-Na Hsu, Jaw-Shu Hsieh and Yih-Ching Huang … 1

The Applicability of DSSAT Model to Predict the Production of Rice and to Evaluate the Impact of Climate Change
……………Ming-Hwi Yao, Huu-Shen Lur, Chun Chu and Jin-Chuan Tsai…16

Studies on the Tissue Culture of *Fritillaria hupehensis* Hsiao *et* K. C. Hsia
I. The Induction of Bulbscale and Embryogenic Callus from Different Source Explants
……………Yih-Juh Shiau, Chung-Der Tai, Chung-Chuan Chen andHsin-Sheng Tsay…29

Studies on the Tissue Culture of *Fritillaria hupehensis* Hsiao *et* K. C. Hsia
III. Influence of Medium Component and Light Treatment on *in vitro* Rooting, and Acclimatization of Bulblet
……………Uei-Chin Chen, Chung-Der Tai, Chung-Chuan Chen andHsin-Sheng Tsay…39

Factors Affecting Embryos Culture of Nectarine
……………Ien-Chie Wen and Ya-Tin Wu…48

Effect of Different Organic Supplements on the Production of King Oyster Mushroom by Using Bottle Cultivation Technology
……………Jin-Torng Peng, Chien-Ming Lee and Ying-Fung Tsai…56

General Survey of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Selected Soils of Taiwan
……………Su-Chen Lin, Kun-Huang Houng, and Chi-Guang Wu…65

The Evaluation of Benefits of Organic Fertilizers Application for Main Citrus in Taiwan
……………Te-Fang Pan and Light Chie-Yauw Yeh…81

Inhibitory Characteristics of Methamidophos on House fly Head Acetylcholinesterase
……………Edward Y. Cheng, Ching-hua Kao, Yu-bing Hwang and Chia-lin Tzeng…89

Published by
THE TAIWAN AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE,
COUNCIL OF AGRICULTURE
Taichung, Taiwan, Republic of China

ISBN 801102052-8
$175
9 788011 020521
中華農業研究（季刊）